

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

216

ANNÉE 1911

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Gustave REGNIER

Interne de l'Hôpital Saint-Joseph

LE

MAL DE MONTAGNE

Etude expérimentale
faite aux Observatoires du Mont-Blanc

Président : M. GAUTIER, professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE

JULES ROUSSET

1, rue Casimir-Delavigne, et rue Monsieur-le-Prince, 12

1911

216

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1911

THÈSE

N°

42741

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Gustave REGNIER

Interne de l'Hôpital Saint-Joseph

LE

MAL DE MONTAGNE

Etude expérimentale

faite aux Observatoires du Mont-Blanc



Président : M. GAUTIER, professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE

JULES ROUSSET

1, rue Casimir-Delavigne, et rue Monsieur-le-Prince, 12

1911

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DOYEN, M. LANDOUZY

PROFESSEURS

MM.

Anatomie.	NICOLAS
Physiologie.	CH. RICHET
Physique médicale.	GARIEL
Chimie organique et Chimie générale.	GAUTIER
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.	BLANCHARD
Pathologie et Thérapeutique générales.	ACHARD
Pathologie médicale.	WIDAL
	DEJERINE
Pathologie chirurgicale.	LANNELONGUE
Anatomie pathologique.	PIERRE MARIE
Histologie.	PRENANT
Opérations et appareils.	HARTMANN
Pharmacologie et matière médicale.	POUCHET
Thérapeutique.	MARFAN
Hygiène.	CHANTEMESSE
Médecine légale.	THOINOT
Histoire de la médecine et de la chirurgie.	CHAUFFARD
Pathologie expérimentale et comparée.	ROGER
	HAYEM
Clinique médicale.	GILBERT
	DEBOVE
	LANDOUZY
	HUTINEL
Maladies des enfants.	
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	GILBERT BALLEET
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	GAUCHER
Clinique des maladies du système nerveux.	
	DELBET
Clinique chirurgicale.	QUENU
	RECLUS
	SEGOND
Clinique ophtalmologique.	DE LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires.	ALBARRAN
	BAR
Clinique d'accouchements.	PINARD
	RIBEMONT-DESSAIGNES
Clinique gynécologique.	POZZI
Clinique chirurgicale infantile.	KIRMISSON
Clinique thérapeutique.	ALBERT ROBIN

A GRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

BALTHAZARD	DESGREZ	LENORMANT	PROUST
BERNARD	DUVAL (P.)	LEQUEUX	RATHERY
BRANCA	GOUGEROT	LERI	REITTERER
BRINDEAU	GREGOIRE	LOEPER	RICHAUD
BROCA (A.)	GUENIOT	MACAIGNE	ROUSSY
BRUMPT	GUILLAIN	MAILLARD	ROUVIERRE
CAMUS	JEANNIN	MORESTIN	SCHWARTZ
CARNOT	JOUSSET (A.)	MULON	SICARD
CASTAIGNE	LABBE (M.)	NICLOUX	TERRIEN
CHEVASSU	LANGLOIS	NOBECOURT	TIFFENEAU
CLAUDE	LAIGNEL-LAVASTINE	OKINCZYC	ZIMMERN
COUVELAIRE	LECENE	OMBREDANNE	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que ses opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'en tend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

*Faible témoignage d'une affection
profonde et à jamais reconnais-
sante.*

A MONSIEUR CHARLES

Affectueux hommage de son neveu,

A MON BEAU-FRÈRE

LE DOCTEUR GUILLEMARD

Professeur agrégé de la Faculté de Médecine de Lyon

A MES MAITRES

DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE
ET DE L'HOPITAL GÉNÉRAL DE DIJON

A MES MAITRES

DANS LES HOPITAUX DE PARIS

A MES MAITRES

DE L'HOPITAL SAINT-JOSEPH

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR ARMAND GAUTIER

Professeur à la Faculté de Médecine
Membre de l'Institut
Membre de l'Académie de Médecine de Paris

Hommage très respectueux.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552813_0002

LE MAL DE MONTAGNE

AVANT-PROPOS

Au moment de terminer nos études médicales, nous sommes heureux de témoigner notre profonde reconnaissance à tous les maîtres qui ont été pour nous des guides et des amis. Nous exprimons notre vive gratitude à MM. les professeurs Broussolle, Colette, Zipfel, Gault, Michaud, Baron dont les cours ont été la base de notre culture médicale. M. le Dr Deroye, directeur de l'École de Médecine, et M. le Dr Perrin, médecin de l'Hôpital, nous ont appris à aimer le malade en essayant de le soulager. Leurs leçons cliniques nous guideront toujours dans les difficultés de la pratique.

A Paris, nous avons eu l'honneur de suivre les leçons thérapeutiques de M. le professeur Robin. Nous le prions d'agréer l'hommage de nos sentiments reconnaissants. Nos remerciements s'adressent aussi à

MM. De Lapersonne, professeur de clinique ophtalmologique de l'Hôtel-Dieu, Guinard, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, et Bar, professeur de clinique obstétricale à Tarnier, dont nous avons été l'élève.

Nos années d'internat à l'hôpital Saint-Joseph, nous ont créé une nouvelle dette de reconnaissance. M. le Dr Monnier, par un enseignement de chaque jour au lit du malade et à la salle d'opération, a développé en nous le goût de la chirurgie. Il nous a enseigné la douceur et la patience inlassable que l'on doit à ceux qui souffrent. Son exemple restera pour nous un modèle que nous nous efforcerons d'imiter.

Enfin, nous n'oublions pas l'accueil si bienveillant de MM. les D^{rs} Mayet, Meslay, Genouville et Mérigot de Treigny; nous espérons pouvoir d'ici peu profiter de leur savante expérience. Qu'ils soient, dès maintenant assurés de nos sentiments dévoués.

INTRODUCTION

Une étude précise du mal de montagne s'impose plus que jamais. Le goût des ascensions s'affirme tous les jours davantage, et chacun veut goûter l'émotion des spectacles grandioses que la montagne réservait jadis à quelques audacieux. Ce n'est plus seulement l'alpiniste aguerri qui se risque sur les hauts sommets, c'est encore la foule des touristes inexpérimentés. Sans doute, les chemins de fer de montagne les déposent, exempts de toute fatigue, à de grandes altitudes, mais ils ne leur évitent pas la menace d'accidents pathologiques que le manque d'acclimatement préalable va rendre plus pressante. Ce danger est bien réel ; il décida les constructeurs de la crémaillère de la Jungfraü à rechercher jusqu'à quel point un organisme non entraîné peut supporter le transport rapide, puis le séjour à plus de 3.000 mètres. Ils demandèrent à Kronecker d'élucider ce problème. Le professeur de Berne entreprit une série d'expériences, dont le résultat le conduisit à des conclusions fort instructives ; elles montrent nettement les conditions d'apparition de la maladie. Nous les reproduisons ici :

« 1°. Le mal de montagne se manifeste à des altitudes variables d'une personne à l'autre.

2° Au-delà de 3.000 mètres, il se produit chez tous les hommes dès qu'ils se livrent à des mouvements exigeant effort. Mais, le même travail ne donne pas lieu à des malaises aussi accentués chez tous les malades. Chez beaucoup de personnes les moindres mouvements causent des attaques sérieuses.

3° La gravité du mal de montagne varie avec les montagnes : habituellement, il est moindre sur les sommets libres.

4° Les personnes en bonne santé peuvent supporter sans danger et sans inconvénient le transport passif jusqu'à environ 4.000 mètres. Mais, si elles se livrent à un exercice quelconque, des symptômes désagréables ou même inquiétants se manifesteront chez ces personnes comme les autres.

5° Il convient de conseiller aux voyageurs non habitués aux altitudes élevées, de ne pas rester plus de deux ou trois heures à la station du sommet.

6° Les travailleurs et employés ne doivent être engagés, qu'après avoir été mis à l'épreuve, quant à leur résistance à l'égard du mal de montagne, et, au besoin, après acclimatation. »

Ces observations de Kronecker établissent l'innocuité du transport passif; elles visent aussi les accidents que peut produire un *séjour momentané* dans une atmosphère raréfiée. Mais elles ne font pas allusion aux accidents tardifs que peut engendrer le *séjour prolongé* à ces mêmes altitudes. Nous tenons, pour notre part, à faire

remarquer dès maintenant qu'il existe deux aspects cliniques bien différents du mal de montagne. L'un s'observe alors que l'ascensionniste s'efforce d'atteindre un niveau élevé : c'est une *anoxyhémie aiguë, précoce*, et d'autant plus marquée que le travail demandé aux muscles est plus intense (Cf. REGNARD). L'autre, au contraire, est insidieux ; il évolue plus lentement, n'apparaît qu'au bout d'un certain temps de latence, après un séjour d'au moins plusieurs heures à une altitude élevée, et se développe même chez un sujet qui n'a pas souffert des manifestations aiguës. C'est une *anoxyhémie subaiguë et tardive*, indépendante de la fatigue, et relevant uniquement des nouvelles conditions climatiques. Jusqu'ici, les auteurs n'ont pas suffisamment différencié les signes qui donnent leur caractère à l'une et à l'autre forme. Dans les descriptions faites par les voyageurs, et même par les physiologistes, on trouve, énoncés côte à côte, des symptômes qui, au contraire, devraient être nettement séparés. Une bonne étude scientifique mérite donc que l'on tienne compte de ces différences. Mais ce n'est pas seulement la symptomatologie qui doit être précisée, il convient, en outre, d'esquisser mieux la pathogénie : nettement tracée, elle permettra de poser les indications d'une bonne thérapeutique. Nous voulons tenter cet essai : des observations, faites dans des conditions particulièrement favorables, nous y incitent.

Le temps n'est plus où il fallait, comme De Saussure, coucher sous la tente, à la merci du froid et des ava-

lanches, pour faire des observations en montagne. Sur les pentes de ce Mont-Blanc que Jacques Balmat escalada avec tant de peine, il y a maintenant toute une série d'observatoires parfaitement aménagés, et depuis les Grands-Mulets jusqu'à la cime, ces confortables refuges offrent au voyageur l'impression de sécurité et la liberté d'esprit nécessaires à tout travail scientifique.

Grâce à la libéralité de la Société des observatoires du Mont-Blanc, qui a bien voulu prendre à sa charge les frais de nos expéditions, nous avons pu effectuer, en collaboration avec le D^r H. Guillemard, deux séries d'expériences dans ces différents postes d'observations (30 août au 7 septembre 1909, 19 juillet au 29 juillet 1910). De plus, le D^r Guillemard, qui, depuis six ans, fait chaque été avec le D^r Moog un long séjour au Mont-Blanc, a bien voulu nous communiquer le résultat de ses beaux travaux sur le mal de montagne, et nous guider de ses conseils. Qu'il reçoive ici, avec nos meilleurs remerciements, l'assurance de notre vive reconnaissance.

M. le professeur Armand Gautier, après nous avoir fait adjoindre aux deux missions scientifiques de 1909 et 1910, veut bien encore accepter de présider notre thèse ; nous le prions d'agréer l'hommage de notre respectueuse gratitude pour l'honneur qu'il nous fait, et nos remerciements pour le bienveillant accueil qu'il nous a réservé.

Enfin, nous ne saurions oublier l'hospitalité que

M. Vallot, directeur actuel des observatoires du Mont-Blanc, nous a offert dans son nouveau laboratoire de Chamónix, et dans son bel observatoire des Bosses. Nous lui gardons un reconnaissant souvenir.

Avant de commencer notre étude sur le mal de montagne, nous croyons utile de donner sommairement le plan que nous avons suivi. Dans un premier chapitre, nous faisons l'historique de la question, et nous en résumons l'état actuel, en insistant plus spécialement sur les théories intéressantes au point de vue pathogénique.

Dans un deuxième chapitre, nous indiquons les conditions dans lesquelles nos recherches ont été faites, et à ce propos, nous décrivons brièvement les différents observatoires du Mont-Blanc.

Cela fait, nous consacrons le troisième chapitre de ce travail à l'étude clinique du mal de montagne aigu, et surtout à celle du mal de montagne subaigu.

Un quatrième chapitre est réservé à un essai de pathogénie, qui nous conduit à fixer les indications thérapeutiques, objet du dernier chapitre.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les phénomènes pathologiques déterminés par une ascension en montagne ont, depuis longtemps, attiré l'attention des rares voyageurs qui se risquaient à des altitudes élevées. Dès la fin du xvi^e siècle, D'Acosta, décrivant ses voyages dans la Cordillère des Andes, fait mention des souffrances dues à l'air des lieux élevés ; il entrevoit, bien avant l'invention de la machine pneumatique et les expériences de Torricelli, un des facteurs importants du mal de montagne, l'anoxyhémie. « L'élément de l'air, dit-il, est en ce lieu là si subtil et si délicat qu'il ne se proportionne point à la respiration humaine. »

Un siècle et demi plus tard, en 1835, une mission française de l'Institut composée de Bouguer, La Condamine et Godin, se transporta en Amérique du Sud : elle se proposait « d'y mesurer le méridien, et la figure de la terre ». Outre l'intérêt que présente ce voyage pour les sciences astronomiques, il est extrêmement attachant au point de vue de notre étude. Les trois académiciens, en effet, passèrent sept ans entiers dans la

vallée de Quito. Nombreuses furent leurs ascensions sur les sommets avoisinants ; ils établirent des postes d'observation dont le plus élevé au pic de Carazon (4.736 m.) leur servit d'asile pendant trois semaines.

Voici, à ce sujet, un extrait du récit qu'a fait Bouguer de son séjour :

« Nous nous sommes tous trouvés d'abord considérablement incommodés de la subtilité de l'air. Ceux d'entre nous qui avaient la poitrine plus délicate, sentaient davantage la différence, et étaient sujets à de *petites hémorragies*, ce qui venait sans doute de ce que l'atmosphère, ayant un moindre poids, n'aidait pas assez par sa compression les vaisseaux à retenir le sang qui de son côté était toujours capable de la même action. Je n'ai pas remarqué dans mon particulier que cette incommodité augmentât beaucoup lorsqu'il nous est arrivé de monter plus haut ; peut-être parce que j'étais déjà fait au pays, ou peut-être aussi parce que le froid empêche la dilatation de l'air d'être aussi considérable qu'elle le serait sans cela. Plusieurs d'entre nous, lorsque nous montions, *tombaient en défaillance* et étaient sujets aux *vomissements*. Mais ces accidents étaient encore plus l'effet de la lassitude que de la difficulté de respirer. Ce qui le prouve d'une manière incontestable, c'est que *l'on n'y était jamais exposé lorsqu'on allait à cheval* ou qu'on était une fois parvenu au sommet où l'air cependant était encore plus subtil. Je ne nie pas que cette grande subtilité ne hâtât la lassitude et ne contribuât à faire augmenter l'épuisement, car la respiration y devient extrêmement pénible pour peu qu'on agisse. *On se trouve tout hors d'haleine par le moindre mouvement* ; mais ce n'est plus la même chose aussitôt qu'on reste dans l'inaction. »

Tel est le récit de Bouguer quant aux souffrances que cause le mal de montagnes. Il paraîtrait du reste, que La Condamine n'en fut que fort modérément atteint. Ces deux savants nous présentent donc individuellement le modèle des différents degrés de résistance vis-à-vis de la raréfaction atmosphérique, qu'il s'agisse d'un séjour passager ou définitif. Un fait à noter encore, c'est la lenteur avec laquelle ces savants remplirent le programme qui leur était tracé : ils espéraient que deux années leur suffiraient, et cependant quand, après sept ans, ils regagnèrent la France, leurs observations étaient encore inachevées. Ce retard considérable s'explique facilement si l'on pense, avec Jourdanet, qu'aux grandes altitudes la faculté de travail tant intellectuel que musculaire est fortement diminuée.

Cette diminution, en montagne, des facultés intellectuelles et physiques, nous la trouvons expressément signalée par DE SAUSSURE ; dans son livre « *Voyages dans les Alpes* » il relate tous les détails de sa célèbre ascension au Mont-Blanc en 1787 :

« ... L'air est si rare, dit-il, que les forces s'épuisent avec une grande promptitude... Sur la fin j'étais obligé de reprendre haleine à tous les quinze ou seize pas ; je le faisais le plus souvent debout, appuyé sur mon bâton, mais à peu près trois fois l'une il fallait m'asseoir. Ce besoin de repos était absolument invincible, si j'essayais de le surmonter, mes jambes me refusaient leur service ; je sentais un commencement de défaillance, et j'étais saisi par des éblouissements tout-à-fait indépendants de l'action de la

lumière, puisque le crêpe double qui me couvrait le visage me garantissait parfaitement les yeux... La seule chose qui me fit du bien, et qui augmentât mes forces, c'était l'air frais des vents du nord ; lorsqu'en montant j'avais le visage tourné de ce côté-là, et que *j'avalais à grands traits l'air* qui en venait, je pouvais *sans m'arrêter faire jusqu'à vingt cinq ou vingt-six pas.* » Arrivé au sommet, il ressent un malaise encore plus accentué : « quand il me fallut disposer mes instruments, je me trouvais à chaque instant obligé d'interrompre mon travail pour ne m'occuper que du soin de respirer. *Lorsque je demeurais parfaitement tranquille je n'éprouvais qu'un peu de malaise*, une légère disposition au mal de cœur. Mais lorsque je prenais de la peine, ou que je fixais mon attention pendant quelques moments de suite, et surtout *lorsqu'en me baissant je comprimais ma poitrine il fallait me reposer et haleter* pendant deux ou trois minutes. »

Cette auto-observation, quoique encore fort incomplète, est un modèle d'exactitude ; il suffira d'y ajouter la description faite en 1846 par le voyageur suisse Von TSHUDDI pour avoir esquissé dans ses grands traits le tableau clinique du mal de montagne aigu :

« Les premiers symptômes de la *veta* (1) se montrent ordinairement à une hauteur de 12.600 pieds, et consistent en *vertiges*, bourdonnements d'oreilles, et troubles de la vue, auxquels se joignent de violents *maux de tête* et des *nausées*. Plus on monte, plus ces phénomènes douloureux augmentent, et il s'y ajoute une fatigue des membres inférieurs qui

1. Ancienne dénomination du mal de montagne.

va jusqu'à l'impossibilité de se mouvoir, avec une respiration très anxieuse et de *violents battements de cœur*. Un repos complet fait disparaître pour un instant ces symptômes qui au moindre mouvement reviennent bientôt avec une intensité nouvelle, et sont accompagnés souvent alors de défaillances et de pénibles vomissements... Il me fallait alors demeurer tranquille pour pouvoir aspirer l'air; si j'essayais de marcher, une angoisse indescriptible s'emparait de moi. *J'entendais frapper mon cœur contre mes côtes*, la respiration était courte et entrecoupée, j'avais sur la poitrine un poids énorme.

On pourrait prolonger, inutilement d'ailleurs, la liste de ces récits : tous se ressemblent. Plus intéressantes sont les expériences que LORTET, de Lyon, effectua en 1870, au cours de deux ascensions au Mont-Blanc. Cet auteur a enregistré avant son départ son tracé respiratoire, au moyen de l'anapnographie de Bergeon et Castus, et l'a repris au sommet du Mont-Blanc après une heure et demie de repos; l'amplitude de la respiration se trouvait considérablement diminuée aux grandes altitudes. Il semble, dit Lortet, « que les muscles soient raidis, et les côtes serrées comme dans un étau ». De plus, le savant lyonnais, ayant pris sa température au moyen d'un thermomètre placé sous la langue, a constaté un abaissement de 2 degrés au cours de l'ascension. Partant de ce fait, il établit toute une théorie pathogénique du mal de montagne, le refroidissement observé serait la cause de tous les accidents, et relèverait à

son tour de la transformation d'une trop grande quantité de chaleur en mouvement et en travail effectif. Malheureusement, cette théorie était basée sur un fait inexact, à savoir : l'abaissement de la température du corps. Des recherches plus récentes ont prouvé, en effet, que celle-ci reste constante quelle que soit l'altitude.

La question en était là, lorsque quatre ans plus tard, en 1876, P. BERT reprit l'idée émise quelque temps auparavant par JOURDANET, il établit que les accidents occasionnés par la dépression barométrique sont dûs à une asphyxie particulière, à *l'anoxyhémie* ; il en donne une démonstration magistrale par une série d'expériences restées justement célèbres. « Il place, par exemple, un moineau sous une cloche pneumatique où il diminue graduellement la pression. Quand le manomètre n'indique plus que 30 centimètres de pression réelle dans la cloche, l'oiseau donne des signes de malaise assez grave ; à 20 centimètres il titube, trébuche et tombe sur le flanc ; à 18 centimètres il s'agite violemment et mourrait en quelques secondes si on le laissait dans cette situation. » On fait alors pénétrer de l'oxygène pur, immédiatement l'oiseau revient à lui, et l'on peut recommencer la dépression et même la pousser jusqu'à 13 centimètres et au-dessous sans que la vie de l'animal soit en danger. Fort de ce résultat, P. Bert fit construire une cloche à vide de grandes dimensions dans laquelle il s'enferma et se soumit à des dépressions de 300 et même 246 millimètres de mercure.

Il réalisa ainsi, sur lui-même, un mal de montagne expérimental, qu'il pouvait atténuer instantanément par des inhalations d'oxygène. Ces expériences, suffisamment concluantes, incitèrent Crocé-Spinelli et Sivel à risquer d'atteindre avec leur ballon « Zénith » des hauteurs jusqu'alors inaccessibles. Ils partirent accompagnés de Tissandier; ils emportaient des ballons d'oxygène. On connaît le dénouement fatal de cette entreprise aventureuse : seul Tissandier survécut ; les deux autres aéronautes avaient trouvé la mort à une altitude de 8.600 mètres, sans avoir pu utiliser leur précieuse réserve d'oxygène. Le rôle capital de l'anoxémie dans la genèse du mal de montagne restait donc à démontrer. EGLI-SINCLAIR effectua au sommet du Mont-Blanc des expériences tendant à confirmer les vues de P. Bert.

Mais en 1895, GERME reprend les données de Bert. Il place lui aussi un moineau sous la cloche pneumatique où il abaisse la pression. Mais au moment où l'oiseau donne des signes d'asphyxie très caractérisés, il fait rentrer, non pas de l'oxygène, mais un gaz inerte, de l'azote. Dans ces conditions Germe aurait vu le moineau renaître à la vie tout comme dans les expériences avec l'oxygène : il en conclut que la diminution de pression provoque le mal de montagne par une action purement mécanique, et qu'elle intervient surtout en dilatant les gaz intestinaux, d'où ballonnement du ventre, et refoulement du diaphragme, faisant obstacle à l'ampliation suffisante de la cavité thora-

cique. Il en résulterait les principaux symptômes du mal de montagne, et, en somme, celui-ci offrirait quelque analogie avec la météorisation aiguë des ruminants.

Cette théorie, si elle possède le mérite de l'originalité, n'a guère rallié de partisans : la conception de Jourdanet et de P. Bert est aujourd'hui à peu près classique.

Sans doute, les expériences de P. Bert mettaient en évidence le rôle prépondérant de l'anoxyhémie dans l'éclosion du mal de montagne ; mais, elles n'expliquaient pas pourquoi dans les ascensions en ballon, les premiers symptômes de la maladie apparaissent plus tardivement, et à une altitude bien plus élevée. Il est d'observation banale, en effet, que les aéronautes ne commencent à se sentir mal à l'aise qu'aux environs de 5.000 mètres. On peut citer à ce sujet les ascensions de Tissandier (*Nature* 1875, 1 semestre, p. 337), de W. de Fonvielle (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 4 mai 1875) de Godard (*Extraits du livre de bord*, 23 sept. 1875), de Glaisher 1865, de Berson 1894, etc...

Il fallait donc chercher une explication à ce phénomène : c'est REGNARD qui a eu le mérite de la trouver. Sous une cloche placée sur une platine rodée, il met deux cobayes, l'un complètement libre, l'autre enfermé dans une roue de treillage qui peut être mise en mouvement par un petit moteur électrique. Quand la roue tourne, l'animal est forcé de courir et de monter sans cesse pour éviter de tomber en avant. En réglant la vitesse de rotation de la roue de façon que le cobaye élève

son propre poids de 400 mètres à l'heure, on réalise approximativement les conditions de fatigue d'une ascension en montagne. « On commence alors à faire le vide sous la cloche pneumatique ; tant que le manomètre n'indique pas une dépression correspondant à 3.000 mètres de hauteur, les deux animaux semblent également calmes. Mais à partir de ce moment le cobaye de la roue s'essoufle, il paraît manifestement gêné. A 4.600 mètres, il roule sur le dos, et ne remue plus les pattes. L'animal libre, au contraire, est parfaitement tranquille, et ce n'est que vers 8.000 mètres qu'il s'agite, tombe sur le flanc, écume et semble près de mourir. A ce moment, on laisse rentrer l'air, et les deux animaux reviennent à eux ; mais tandis que le cobaye fatigué est encore malade le lendemain, l'autre se met à manger moins d'une demi-heure après l'expérience. »

Voilà donc placée, dans les mêmes conditions barométriques, deux sujets dont l'un reste absolument passif tandis que l'autre fournit un effort musculaire considérable ; si ce dernier est atteint du mal de montagne bien plus tôt que l'autre, c'est, à n'en pas douter, dans la *fatigue musculaire* qu'il faut rechercher la cause de ce phénomène. Regnard conclut donc que « si le mal de montagne est une asphyxie, un des facteurs importants réside, pour les hauteurs moindres de 5.000 mètres, dans le travail musculaire qui consomme l'oxygène du sang ; si l'on est atteint de la maladie quand on monte à pied sur la Jüngfrau, par exemple, on ne l'aura nulle-

ment quand on y sera hissé par un ascenseur. »

A la suite des travaux de P. Bert et des expériences de Regnard, la pathogénie du mal de montagne semblait définitivement assise sur les données de ces auteurs ; toutefois, dans ces dix dernières années, des savants italiens effectuèrent de nouvelles recherches aux observatoires du mont Rose, et leurs conclusions tendent à infirmer plus ou moins les théories régnantes.

Le professeur A. Mosso de Turin, analysant le sang de chiens et de lapins, à l'altitude du mont Rose (4.560 m.) constate, outre la diminution d'oxygène qui caractérise l'anoxyhémie, un abaissement considérable du taux de l'anhydride carbonique. Il en résulte que, dans les dépressions barométriques, le sang s'appauvrit en gaz carbonique ; ce phénomène a reçu le nom *d'acapnie*. Or, d'après Mosso, c'est dans l'acapnie, et non dans l'anoxyhémie, qu'il faut rechercher le point de départ du mal de montagne. On connaît, en effet, le rôle excitateur de l'anhydride carbonique sur le centre respiratoire ; ce gaz augmente-t-il dans le sang, on voit la respiration s'accélérer et devenir profonde, efficace. Au contraire, s'il diminue, le rythme respiratoire se modifie, les inspirations deviennent superficielles, et insuffisantes, l'absorption de l'oxygène ne se fait plus normalement : l'asphyxie apparaît. L'anoxyhémie est donc consécutive à l'acapnie, et cette dernière est vraiment le facteur primordial de la maladie.

Voulant étudier l'action de l'anhydride carbonique, Mosso mélange deux parties d'oxygène et une partie

d'anhydride carbonique. Il en a ainsi 125 litres à la pression de cinq atmosphères. Son collaborateur, le Dr Foa, est soumis à une forte dépression sous la cloche pneumatique. Son pouls est de 120 pulsations à la minute. Il commence à respirer le mélange ; immédiatement la fréquence du pouls diminue, et passe successivement à 112, 104, 100. La respiration, de 22 s'élève à 30 par minute. Le Dr Foa éprouvait une forte excitation à respirer, et accusait cependant une sensation de bien-être, comme si le thorax pouvait mieux se dilater. Selon Mosso, le ralentissement du pouls, l'augmentation de fréquence et d'ampleur de la respiration, la sensation de bien-être éprouvé, constituent autant de faits qui militent en faveur de la théorie de l'acapnie.

Encouragé par ces résultats, Mosso se transporta au sommet du mont Rose, résolu à tenter l'expérience sur les touristes qui viendraient, pendant son séjour, à la « Capanna Regina Margherita ». Il fit monter avec lui une série de cylindres renfermant les uns, de l'oxygène pur comprimé, les autres, un mélange d'anhydride carbonique et d'oxygène. Il effectua ainsi une série d'expériences également concluantes ; nous reproduisons l'une d'entre elles.

*Observation dans la « Capanna Regina Margherita »
4.560 mètres*

18 août 1903. « Il arrive une société de quatre alpinistes et deux guides. Ils avaient mal dormi la nuit précédente dans la Capanna Gnifetti, où à cause du mauvais temps,

vingt-quatre personnes s'étaient réfugiées ; durant l'ascension ils avaient été gênés par le brouillard, et ils arrivaient très fatigués. Quand ils parvinrent à la Capanna Regina Margherita, l'un d'eux, G., F. avait des nausées ; il était très abattu et très pâle ; n'ayant pas d'appétit, il resta toute la journée au lit, se plaignant du mal de tête ; ce fut surtout la nuit, qu'il fut tourmenté par les vomissements, au point qu'il dut se lever, et que le gardien lui fit une tasse de café. Le jour suivant, à 7 heures du matin, ses collègues me prièrent de l'examiner ; il avait passé la nuit sans dormir et se plaignait d'une sensation douloureuse, comme d'un cercle autour du front. Il avait 117 pulsations par minute et 23 respirations ; il se trouvait dans un état de grande apathie et d'abattement.

Je lui fis respirer le mélange d'acide carbonique à 80/0 dans l'oxygène, et il me dit qu'il en éprouvait du soulagement. Peu après, je lui donnai l'autre cylindre avec l'oxygène comprimé ; il avait immédiatement appris à manier le robinet et à régler le courant du gaz d'après la sonorité du sifflement, et, assis sur le lit, il respirait en tenant l'entonnoir devant son nez et sa bouche. Après avoir respiré l'oxygène pendant une minute, il dit qu'il préférerait l'autre cylindre, parce qu'il le soulageait davantage. Nous répétâmes alternativement l'expérience et toujours avec le même succès. Après s'être levé il m'assura qu'il se sentait plus fort. Il consomma un troisième cylindre du mélange d'acide carbonique à 80/0 et repartit avec ses compagnons.

Je sus ensuite que, s'étant arrêté à la Capanna Gnifetti dans de bonnes conditions, il voulut continuer pour Gressoney.»

Cette observation confirme la loi que Bohr, en janvier 1904, formule au sujet de l'influence que la tension

de l'anhydride carbonique exerce sur l'absorption de l'oxygène dans le sang. Tandis qu'à la pression ordinaire, des doses même notables d'anhydride carbonique ont une faible influence sur l'absorption de l'oxygène, Bohr trouva, que dans l'air raréfié, quand la tension de l'oxygène est faible, l'anhydride carbonique exerce, au contraire, une action intense sur l'absorption de l'oxygène dans le sang. Suivant cette loi, l'adjonction de CO_2 dans l'air respiré devient utile quand la pression partielle de l'oxygène est faible, car de cette manière, s'utilisent des provisions de ce gaz dans le sang, lesquelles auparavant restaient inertes.

En somme, il résulterait des expériences de Mosso, que la présence d'anhydride carbonique dans le sang est nécessaire pour la fixation et l'absorption de l'oxygène. Sous l'influence de la dépression barométrique, le taux du gaz carbonique s'abaissant, il s'ensuit une diminution de l'oxygène absorbé, une anoxyhémie consécutive à l'acapnie. On le voit, cette conception ne détruit nullement la théorie de P. Bert, elle la confirme plutôt en expliquant son mécanisme.

En relisant les travaux de Mosso, une comparaison se présente à l'esprit : dans le mal de montagne, nous venons de voir que le sang ne peut plus fixer la quantité d'oxygène nécessaire aux combustions organiques. Ne sont-ce pas là justement les conditions de l'intoxication par l'oxyde de carbone. Dans ce cas particulier, l'asphyxie survient parce que le sang devient inapte à absorber l'oxygène du fait de la transformation de l'hémoglobine en un composé stable, l'hémoglobine

oxycarbonée, si bien que dans l'empoisonnement oxycarboné comme dans le mal de montagne, l'asphyxie survient par anoxyhémie. Rien d'étonnant alors à ce que nous retrouvions dans les deux cas, comme l'a fait remarquer Mosso, une grande analogie de symptômes. Haldane, qui le premier a étudié sur lui-même l'action de l'oxyde de carbone, constata lui aussi la ressemblance signalée par Mosso : la céphalalgie, la dyspnée, l'accélération du pouls, les nausées et les vomissements qui se retrouvent dans l'empoisonnement oxycarboné, sont en même temps des symptômes caractéristiques du mal de montagne. Chacun sait aussi que, dans les grandes altitudes, l'exercice musculaire augmente le malaise, et peut avoir un rétentissement fâcheux sur le cœur ; de même chez les animaux empoisonnés par l'oxyde de carbone, il est facile de constater que le plus léger mouvement provoque de la tachycardie et quelquefois même une syncope.

Telle est, indiquée dans ses grandes lignes, l'œuvre de Mosso, relative au mal de montagne. Avec cet auteur nous terminons l'historique de la question. Nous exposerons au chapitre de clinique les recherches toutes récentes et en particulier celles que poursuivent depuis six ans les D^{rs} Guillemard et Moog.

On peut, en somme, résumer en quelques mots l'histoire pathogénique du mal de montagne. Jourdanet propose l'hypothèse de l'*anoxyhémie*, Paul Bert la confirme. Regnard y ajoute le rôle de la *fatigue*. De son côté Mosso invoque l'*acapnie*. Pour nous, entre la théo-

rie de Jourdanet et celle de Mosso, l'antagonisme n'est pas irréductible ; bien plus, il est inexistant. Sans doute, Mosso montre l'importance primordiale de l'acapnie, mais il trouve par le fait même le pourquoi de l'anoxyhémie.

Il nous reste donc à mettre en relief comment l'appauvrissement du sang en oxygène détermine ce déséquilibre des fonctions organiques qui constitue le mal de montagne. Nos expériences apportent, croyons-nous, un peu de clarté dans cette question insuffisamment élucidée.

CHAPITRE II

MOYENS D'ÉTUDE

LES OBSERVATOIRES DU MONT-BLANC

Quelles sont les conditions les plus favorables à l'étude du mal de montagne? Il ne suffit pas de reproduire expérimentalement la maladie dans les laboratoires pour la bien connaître. En effet, si l'on réalise sous la cloche pneumatique une dépression barométrique égale à celle du Mont-Blanc, il est difficile de réunir simultanément tous les autres éléments du climat d'altitude, la température, le degré hygrométrique, l'état électrique de l'atmosphère. Ce sont là, cependant, des facteurs étiologiques importants, capables de modifier les malaises, d'en aggraver ou d'en diminuer l'intensité. Aussi devra-t-on compléter les données du laboratoire, par des observations faites en montagne, dans le cadre même où se développe la maladie.

1° LES OBSERVATOIRES DU MONT-BLANC.

Jusqu'à ces dernières années il était difficile de se placer dans ces conditions : on ne possédait pas encore les

confortables refuges dont on dispose aujourd'hui. Il fallait vraiment une santé robuste, secondée d'une volonté à toute épreuve, pour séjourner quelques jours au milieu des neiges perpétuelles. On campait sous la tente à la merci des ouragans et des orages qui cependant acquièrent dans ces parages une violence incon nue en plaine. « Il faut avoir été aveuglé par la neige, avoir senti les mille piqûres de l'électricité des orages, avoir marché jusqu'au ventre en plein été dans la neige fraîche, avoir été renversé par le vent, roulé par les avalanches, pour se rendre compte de l'intensité terrible des phénomènes météorologiques aux grandes altitudes. » (J. VALLOT.) Que valait un travail scientifique entrepris au milieu de tels dangers ? Préoccupé sans cesse du soin de protéger sa vie, inquiet sur l'issue de son expédition, le savant n'avait pas la liberté d'esprit nécessaire pour mener à bien son étude. La création d'observatoires en montagne s'imposait donc. La France devait être à ce point de vue particulièrement favorisée puisqu'elle possède la cime du Mont-Blanc, dont l'altitude dépasse celle des plus hauts sommets d'Europe.

Mais on se heurte à d'énormes difficultés en cherchant à établir un abri même modeste sur cette cime qui pendant si longtemps avait défié la témérité des ascensionnistes : il a fallu toute l'initiative et la hardiesse de M. J. Vallot pour réaliser ce projet. La première difficulté venait des guides et des porteurs de Chamonix : mieux que personne ils connaissaient les embûches de la montagne, et s'ils se risquaient à les

affronter au cours d'une rapide ascension, ils n'avaient pas encore osé séjourner dans ces endroits maudits que d'anciennes légendes peuplaient de génies malfaisants. Ils doutaient même de la possibilité de passer des jours et des nuits là-haut, sans périr de froid, sans être frappé par la foudre. Un campement improvisé résisterait-il à la fureur du vent ? Il fallait en faire l'expérience. Avec deux guides courageux, M. J. Vallot se mit en route le 27 juillet 1887. Ils parvinrent au Sommet sans encombre, mais à peine avaient-ils dressé leur tente, qu'un orage se déclancha suivi d'une violente tourmente de neige. Toute la nuit les rafales s'abattirent sur le frêle abri : il résista cependant, et les voyageurs demeurèrent soixante-douze heures à l'altitude de 4.810 mètres. Ils redescendirent à Chamonix le 31 juillet. L'expérience était concluante ; on était en droit d'espérer qu'une cabane solidement assujettie au rocher offrirait toute sécurité, puisqu'une simple tente avait bravé impunément la tempête.

Malheureusement la calotte du Mont-Blanc est entièrement formée de neige et de glace ; vainement l'on y chercherait la moindre arête rocheuse. Dès lors M. J. Vallot renonça à établir l'observatoire sur le point culminant, et choisit un emplacement plus favorable. A une centaine de mètres au-dessous de la cime, le rocher de la Tournette aurait pu convenir, s'il n'était privé de soleil la plus grande partie de la journée ; les rochers Rouges ont l'inconvénient d'être trop écartés de la route habituelle. Il ne restait plus que le rocher des Bosses ; c'est lui que l'on adopta. Cette pointe grani-

tique est située sur l'arête qui réunit le Dôme du Gouter à la cime du Mont-Blanc à 4.350 mètre d'altitude. Elle forme au pied de la grande Bosse une pyramide assez importante. Ce magnifique belvédère, inondé de soleil à toutes les heures du jour, légèrement garanti des vents du nord et de l'est par le Mont-Blanc du Tacul et le mont Maudit, se prêtait admirablement à l'édification d'une construction stable. Aussi, dès les premiers beaux jours de juin 1890 on commença les travaux. Ceux-ci furent rapidement menés, et la cabane se trouva terminée vers la fin de l'été. Ses petites dimensions n'excluaient pas cependant le confortable : ses parois étaient tapissées intérieurement de feutre très épais ce qui en assurait l'étanchéité parfaite, Enfin elle était solidement fixée à la base rocheuse par un mur de pierre qui l'enserrait complètement. Après un an d'épreuve durant lequel la construction résista aux ouragans, M. Vallot résolut de l'agrandir et de l'aménager mieux encore. Peu à peu il fit adjoindre six nouvelles pièces, et, pour éviter l'encombrement, on édifia à une vingtaine de mètres plus haut un refuge destiné aux touristes. Toutefois cette installation ne devait pas être définitive : à la suite d'abondantes chutes de neige la cabane fut complètement recouverte ; il fallut songer à la mieux protéger contre les intempéries. On aplanit le rocher avoisinant et sur ce piédestal dominant à pic le grand Plateau de plus de 400 mètres, on établit définitivement l'observatoire (fig. 1). On le revêtit extérieurement de feuilles de cuivre pour empêcher la neige de filtrer dans les interstices. Intérieurement, sa dis-



FIG. 1. — Observatoire Vallot, 4,350 mètres



FIG. 2. — Observatoire Janssen et nouveau refuge, 4,810 mètres

position ancienne a été complètement remaniée ; telle qu'elle est actuellement, la construction comprend cinq pièces.

Une cuisine, servant en même temps d'habitation pour les guides.

Un atelier de réparation.

Une salle à manger, munie d'un vaste et confortable buffet dans lequel les provisions se conservent fort bien d'une année à l'autre ; à cette altitude, en effet, les moisissures ne sont plus à craindre.

Un laboratoire, occupant tout le côté nord de l'observatoire ; il est meublé de deux petites tables, d'une bibliothèque et de plusieurs lits ; il peut servir aussi de chambre à coucher.

Enfin, un cabinet pour le directeur : cette pièce, largement éclairée par deux fenêtres s'ouvrant à l'est, est aménagée avec un certain luxe. D'un côté, se trouvent tous les instruments météorologiques, baromètres et thermomètres enregistreurs, anémomètres, stathoscope de Richard, etc... ; de l'autre, c'est un véritable salon meublé à l'orientale où de moelleux coussins permettent de se reposer des fatigues d'une ascension de plus de 3.000 mètres.

Tel est, brièvement décrit, l'observatoire où M. J. Vallot pratique une si généreuse et si cordiale hospitalité envers ceux qui se consacrent à l'étude des phénomènes de la haute montagne.

L'exemple était donné ; il ne devait pas tarder à être suivi par Janssen dont le nom est resté attaché à l'observatoire du Sommet. Convaincu de l'utilité des données

astronomiques recueillies dans la haute atmosphère, l'illustre astronome conçut le dessein d'établir sur la cime même du Mont-Blanc, dans un horizon parfaitement libre de tous côtés, un refuge dans lequel il put effectuer ses expériences de spectroscopie. Mais les difficultés qui avaient arrêté M. Vallot étaient toujours les mêmes : que pouvait-on espérer d'un édifice simplement posé sur la neige ? M. Eiffel fut consulté : il estima que l'on devait chercher une base solide pour y asseoir les fondations, et, stimulé par la hardiesse de l'entreprise, il se montra tout disposé à commencer les études préliminaires. Du 15 août au 4 septembre 1891, une équipe d'ouvriers fut envoyée au sommet du Mont-Blanc, pour travailler sous la direction de l'ingénieur suisse Imfeld à creuser une galerie horizontale traversant la cime à 14 mètres au-dessous du point culminant. On espérait ainsi rencontrer le rocher, mais le résultat fut négatif, et le tunnel poussé à une vingtaine de mètres de profondeur aboutit partout à la glace vive.

En présence de cette constatation, il fallait bien se résigner à bâtir sur la neige. On modifia donc le plan primitif de l'édifice, et l'on exécuta une construction plus légère, en planches de sapin. Cette cabane figurait une pyramide tronquée de 7 mètres de hauteur, à 2 étages, surmontée d'une tourelle formant terrasse. Pour faciliter le transport des matériaux, on dut établir un abri intermédiaire aux rochers Rouges (4.503 m.). Enfin, en 1893, le projet de M. Janssen se trouvait réalisé : le Mont-Blanc était définitivement vaincu.

Dans les années qui suivirent, M. Janssen, et après

lui d'autres astronomes et des physiologistes vinrent y travailler. Le D^r Guillemard y exécuta avec le D^r Moog une grande partie de ses recherches.

Malheureusement une telle construction, abandonnée à elle-même, devait suivre le mouvement qui porte constamment les neiges du sommet vers la vallée. Aussi, la vit-on peu à peu glisser sur le versant de Chamonix et s'enfoncer dans la couche de névé qui la portait. Lorsque, en septembre 1909, nous fîmes l'ascension du Mont-Blanc, seule la tourelle émergeait encore, ainsi qu'on l'a figuré dans le dessin ci-contre (fig. 2) exécuté d'après une photographie prise à cette date par le D^r Guillemard. Il fut alors décidé que l'observatoire serait démoli. Toutefois un si bel effort ne devait pas rester stérile, et on résolut de mettre à profit l'expérience acquise pour édifier un nouvel observatoire-refuge, moins important mais plus maniable que le premier. M. J. Vallot fit alors transporter au Sommet la cabane des rochers Rouges, inutile et presque oubliée à l'endroit où elle se trouvait. Ce nouveau refuge fut installé en juillet 1909; deux mois plus tard nous l'avons visité, c'est lui que l'on aperçoit sur la figure à droite de l'observatoire Janssen.

Au mois de juillet dernier nous avons pu nous y installer et y travailler. C'est une cabane en planches complètement enchassées dans des feuilles de cuivre, comme l'observatoire des Bosses. Une cloison la sépare transversalement en deux moitiés, dont l'une presque entièrement occupée par un vaste lit de camp à deux étages

est ouverte aux touristes, tandis que l'autre, formant à la fois cuisine, salle à manger et laboratoire, est réservée à ceux qui veulent y séjourner dans un but scientifique. Tout l'intérieur est tapissé de feutre, et un bon poêle y entretient une chaleur bienfaisante. Simplement posée sur la neige, cette cabane, très légère, peut être relevée chaque année, et il n'est pas douteux que, bien entretenue, elle ne puisse indéfiniment offrir son abri à ceux que la science ou l'amour de la montagne conduisent sur cette cime inhospitalière. Elle sauvera certainement bien des existences, le nombre de ceux qui s'aventurent dans ces régions dangereuses devant s'élever à mesure que les funiculaires en construction rendront accessibles à tous les cimes très voisines (aiguille du Goûter, aiguille du Midi). Elle permettra à l'astronome et au physicien de faire certaines observations à l'abri des causes d'erreur inséparables des mouvements de l'air sur les flancs de la montagne ; au physiologiste et au médecin d'y observer avec leur intensité maxima les effets sur l'organisme de la station d'étude la plus élevée qui soit au monde ; au voyageur de séjourner au sommet du géant des Alpes, d'y étudier à loisir un immense panorama, de jouir du sublime spectacle qu'offrent l'aube du jour et son déclin à pareille hauteur, et d'y admirer en particulier ce grandiose et mystérieux cône d'ombre que la montagne projette dans l'espace lorsque le soleil s'approche de l'horizon. Elle complète ainsi cette merveilleuse série de postes d'observations absolument unique, qui s'échelonne en France



Fig. 3. — Observatoire des Grands-Mulets, 3.050 mètres

du niveau de la mer à la cime la plus élevée de l'Europe centrale.

Ceci nous conduit à décrire brièvement les deux autres stations d'étude, celle des Grands-Mulets et celle de Chamonix.

L'observatoire des Grands-Mulets (fig. 3) situé à 3.051 mètres constitue la station intermédiaire entre Chamonix et l'observatoire Vallot. Il est bâti sur le rocher des Grands-Mulets, sorte de pyramide granitique de 200 mètres de haut, taillée à pic vers l'est, et qui émerge à la façon d'un îlot au milieu du glacier. Ce rocher forme le massif inférieur d'une chaîne qui s'étend du nord au sud entre le glacier des Bossons et celui du Tacconnaz. Par sa situation même il était tout indiqué pour servir de refuge aux ascensionnistes arrivant de Chamonix à la fin de la première journée de marche. C'est là que De Saussure vint camper lors de sa mémorable ascension ; c'est à cet endroit aussi qu'on installa une petite hôtellerie lorsque les touristes devinrent plus nombreux. En 1888 M. Janssen vint l'habiter pendant deux jours pour faire des études sur les enveloppes gazeuses du soleil ; satisfait des résultats obtenus, il demanda au Club Alpin de construire un petit observatoire à côté de l'auberge. Celui-ci fut édifié en 1889, et on y adjoignit un bâtiment spécial destiné à renfermer un météorographe. L'auberge des Grands-Mulets ne tarda pas à être démolie et fut reportée sur le versant sud du rocher, si bien que les locaux destinés aux observateurs sont actuellement tout à fait indépendants.

Ils se composent d'une petite cabane entièrement en bois goudronné contenant deux pièces ; une cuisine et une chambre à coucher qui sert également de cabinet de travail. Les parois en sont revêtues intérieurement par une tenture en feutre qui protège efficacement contre le froid. Le pavillon du météorographe renferme du côté sud la chambre des guides.

En terminant cette description sommaire des observatoires du Mont-Blanc, nous ne saurions oublier le magnifique laboratoire que M. J. Vallot a fait construire en 1909 à Chamonix, à côté de sa villa. Aménagé suivant toutes les exigences modernes, il constitue par son altitude de 1000 mètres un poste intermédiaire entre les stations de la plaine et les observatoires du Mont-Blanc.

2° UNE ASCENSION SCIENTIFIQUE AU MONT-BLANC

Il nous a été donné de faire à deux reprises, au cours des étés de 1909 et 1910 des séjours prolongés au Mont-Blanc : le premier, en compagnie du Dr R. Moog et du Dr H. Guillemard, lequel effectuait alors sa cinquième ascension, le second avec le Dr Guillemard seulement. Nous rapportons plus loin le résultat de nos observations, mais nous devons auparavant donner quelques détails sur les conditions dans lesquelles s'effectuent les séjours en montagne. Nous empruntons les suivants à notre ascension de 1910.

Les observatoires du Mont-Blanc, difficilement acces-

sibles par leur position même, souvent complètement isolés de la plaine par le mauvais temps pendant de longues périodes, ne sauraient être ravitaillés fréquemment; aussi, chaque expédition doit-elle se munir de tout ce qui est nécessaire à sa subsistance en combustibles et en vivres.

Pour ce qui concerne les vivres, l'expérience des années précédentes nous avait appris ceux dont on fait usage de préférence dans les conditions spéciales que crée le mal de montagne. La viande de veau ou de bœuf, se congelant pendant l'ascension, est d'une conservation indéfinie. Les légumes frais sont absorbés avec plaisir : ils constituent avec les pâtes d'Italie, la base de l'alimentation. Pour apporter un peu de variété dans les menus, on y adjoindra des conserves de toutes sortes, du beurre et des œufs. On n'oubliera pas les condiments qui donnent un peu de saveur aux différents mets, et constituent un précieux stimulant de l'appétit. Le pain des ascensionnistes est un pain biscuité, très dense, et pour cette raison peu agréable à consommer. On pourra le ramollir en le chauffant légèrement au fur et à mesure du besoin. Pendant les jours d'acclimatement, seuls les aliments liquides sont supportés : on se munira donc d'une abondante réserve de lait condensé, de cacao, de potages aux légumes (Maggi ou Knorr). Comme boissons, le thé et le café sont indispensables. Cette année M. J. Vallot avait mis à notre disposition des récipients de liège, facilement transportables à cause de leur légèreté, qui nous ont permis de monter

un peu de vin. Cette boisson a été accueillie avec plaisir aux repas.

Lorsqu'on a rassemblé les vivres et les accessoires de toutes sortes, il reste à peser ces objets, et à en faire des charges dont le poids varie de 20 à 35 kilos. On convoque alors les porteurs ; chacun choisit un colis suivant ses forces et se charge de le transporter à l'un ou à l'autre des observatoires du Mont-Blanc à raison de 1 à 2 francs le kilo selon l'altitude. Ils partent indépendamment de la caravane et se nourrissent à leurs frais. Les guides, au contraire, accompagnent les ascensionnistes et ne les quittent pas pendant toute la durée du séjour en montagne ; ce sont eux qui dirigent la marche pendant le voyage, et qui, arrivés au but, s'occupent de tous les soins matériels. On connaît le légendaire dévouement des guides de Chamonix qui connaissent à fond la montagne, et dont l'éloge n'est plus à faire.

En juillet 1910, après une série d'expériences préliminaires effectuées à Paris, nous arrivons à Chamonix, le Dr Guillemard et nous. Nous expérimentons à nouveau, puis, après nous être suffisamment entraînés pour éviter dans la mesure du possible le malaise occasionné par la fatigue, nous nous mettons en route pour le Mont-Blanc le 19 juillet. De Chamonix aux Grands-Mulets on compte sept heures de marche. Jusqu'à cette année on passait par Pierre-pointue, et on abordait le glacier des Bossons par le côté nord : on traversait donc dans toute sa largeur l'immense plaine de glace qui s'étend de la base de l'Aiguille du Midi à la Jonction (ce che-



FIG. 4. — Les routes du Mont-Blanc

min est marqué en pointillé sur la fig. 4). Mais on était exposé aux avalanches de pierres qui se détachent fréquemment de cette aiguille surtout pendant les heures chaudes de la journée, et se précipitent sur la moraine du glacier. Aussi a-t-on créé cette année un nouveau chemin qui s'élève en lacets jusqu'au sommet de la montagne de la Côte; de là il ne reste plus qu'à remonter la Jonction des glaciers de Tacconnaz et des Bossons pour rejoindre l'ancien passage au pied de la côte des Grands Mulets. Nous avons suivi ce nouveau tracé: il nous a semblé meilleur quoique un peu plus long que le précédent, et nous sommes arrivés sans fatigue notable aux Grands-Mulets vers 5 heures du soir après avoir quitté Chamonix à 8 h. 30 du matin.

Notre séjour à cette station s'est prolongé du 19 au 22 juillet, et cet acclimatement préalable a contribué pour beaucoup à diminuer les grands malaises que nous avions éprouvés l'année précédente à l'observatoire des Bosses.

Le 22, à 4 h. 30 du matin, nous nous mettons en marche pour l'observatoire Vallot. Le chemin s'élève obliquement le long de la côte des Grands-Mulets, et se rapproche du Dôme du Goûter; après deux heures d'escalade, on arrive au Petit-Plateau, endroit dangereux à cause des avalanches de glace déterminées par la chute des séracs du Dôme du Goûter. On passe rapidement et l'on gagne ainsi une nouvelle pente longue et raide qui conduit au Grand-Plateau. Si à cet endroit on désire gagner promptement le sommet, on prend l'ancien chemin des rochers Rouges

et du mur de la Côte; mais ordinairement les touristes préfèrent suivre le col du Dôme pour gagner le rocher des Bosses. C'est par là que nous sommes passés, et à 9 heures du matin nous arrivions à l'observatoire Vallot. Nos expériences et aussi des tourmentes continues d'une extrême violence, nous y ont retenus jusqu'au 27 juillet. Ce jour-là, profitant d'une éclaircie, nous avons gravi les Bosses puis les arêtes et nous sommes arrivés au Sommet après deux heures trente de marche. Mais nos porteurs n'ont pu nous suivre : ils craignaient d'être précipités du haut des arêtes avec la charge encombrante du calorimètre, celle-ci offrant trop de prise au vent. Aussi, nous sommes-nous bornés à faire des expériences de thermométrie, et de tension artérielle. Après vingt-quatre heures de séjour à l'observatoire du Sommet, nous sommes redescendus le 28 juillet aux Grands-Mulets, et le 29 nous étions de retour à Chamonix.

Telles sont, en résumé, les conditions dans lesquelles nous avons expérimenté en 1910. Ce sont, à part quelques variantes imposées par les conditions atmosphériques, celles de toutes les expéditions analogues. La fatigue et les dangers inséparables du séjour à de telles altitudes, sont largement compensés par le vif intérêt qu'inspirent ces recherches de physiologie, et par les spectacles inoubliables qu'offre la haute montagne.

CHAPITRE III

ÉTUDE CLINIQUE

Nous décrirons deux formes cliniques du mal de montagne. L'une aiguë ou précoce, l'autre subaiguë ou tardive.

1°. — Mal de montagne aigu ou précoce

Le mal de montagne dont nous parlerons ici est celui que l'on observe sur les touristes au cours de l'ascension.

ÉTIOLOGIE

1° *Influence de l'altitude.* — Rien n'est plus variable que l'altitude à laquelle il apparaît. Dans les Alpes, il est rare avant 3.000 mètres, et commence le plus souvent vers 3.500 mètres. Dans l'Himalaya et dans la Cordillère des Andes, on peut facilement dépasser 4000 mètres sans rien ressentir. A hauteur égale, certains sommets sont moins dangereux que d'autres : on est moins malade sur les cimes isolées et libres de toutes parts. Enfin, une dénivellation rapide expose davantage

au mal de montagne qu'une ascension lente, progressive, par étapes.

2° *Influence individuelle.* — L'intensité des malaises varie avec les individus. Dans une caravane, les débutants ou les inexpérimentés sont souvent seuls atteints. Ce fait s'explique par le non acclimatement préalable. Ceux qui vivent habituellement dans un pays de montagne, sont moins sensibles aux effets de la raréfaction de l'air : les guides et les porteurs de Chamonix ne le ressentent presque jamais. Certains tempéraments sont plus particulièrement exposés : toutes les causes d'infériorité physiologiques doivent entrer dans l'étiologie du mal de montagne ; les obèses, les valétudinaires offrent moins de résistance que les autres.

3° *Influence des conditions atmosphériques.* — Bien que d'importance secondaire, ce facteur n'est cependant pas négligeable. Il est certain que les temps orageux, le brouillard et surtout le froid aggravent les malaises. L'influence du froid peut expliquer pourquoi les ascensionnistes commencent à souffrir au niveau des neiges perpétuelles : 3000 mètres dans les Alpes, 4000 à 4.500, au contraire, dans l'Himalaya où le climat est plus tempéré.

4° *Influence de la fatigue.* — Mise en relief par Regnard, elle joue vraiment le rôle capital dans l'étiologie du mal de montagne aigu. Si l'on s'entraîne méthodiquement avant de tenter une grande ascension, on évitera presque sûrement les manifestations précoces de la maladie. Réciproquement, si, dès les premiers

symptômes, on prend quelques instants de repos, ces accidents disparaissent comme par enchantement, mais on ne tarde pas à en souffrir de nouveau dès que l'on se remet en marche. Aussi, les voyageurs fortement prédisposés, s'ils peuvent effectuer l'ascension à dos de mulets, se prémuniront-ils efficacement contre le mal de montagne. Ils se mettront, en somme, dans des conditions analogues à celles de l'aéronaute qui atteint dans sa nacelle de grandes altitudes sans le moindre effort musculaire, et qui, pour cette raison, ne commence à être indisposé que vers 5,000 mètres.

SYMPTOMATOLOGIE

Les signes précurseurs consistent en un malaise général, une fatigue insolite en disproportion avec l'effort accompli. Des douleurs articulaires, localisées surtout aux membres inférieurs apparaissent : « on a un coup aux genoux » disent les guides de Chamonix. Si le malade s'assied, tout peut en rester là, mais, en général, il faut bien continuer l'ascension. Les symptômes s'affirment alors : le malade se plaint de sécheresse de la gorge, la soif est vive. Souvent, une petite toux sèche survient par quintes dès que l'on s'arrête, et témoigne de l'irritation du larynx par cet air exempt d'humidité.

Le mal de montagne confirmé se caractérise par des symptômes cardinaux, toujours les mêmes, qui lui donnent son individualité. Ce sont *la céphalalgie, la*

dyspnée et la *tachycardie*. Le mal de tête est violent, lancinant, exagéré par le mouvement : le plus souvent diffus, il peut être localisé cependant à la région sus-orbitaire ou occipitale. Il existe aussi et surtout dans le mal subaigu où nous le retrouverons tout à l'heure. Il constitue vraiment le symptôme le plus constant et le plus pénible de la maladie.

La *dyspnée* est d'abord intermittente : elle n'existe que pendant la marche, et s'atténue aussitôt que l'on s'arrête. Mais bientôt elle devient continue, avec paroxysme au moment de l'effort contraignant le touriste à s'arrêter tous les quelques mètres pour s'occuper uniquement du soin de respirer. Tous les muscles respiratoires entrent en jeu pour dilater le thorax ; cependant on n'arrive pas à satisfaire cette soif d'air, qui s'accroît à mesure que l'on s'élève.

La *tachycardie* est intense : le pouls bat à 100 et 120 pulsations à la minute même au repos ; il est petit, régulier, quelquefois cependant arythmique. Le cœur soulève violemment le plastron costal ; on le sent battre comme après une course forcée ou un exercice violent.

A ces trois signes fondamentaux s'ajoutent tout un ensemble de phénomènes accessoires parmi lesquels certains sont inconstants.

L'*anorexie* est habituelle ; elle est suivie bientôt par des nausées et par des vomissements alimentaires ou bilieux. Ceux-ci se produisent généralement pendant la montée, tout après un léger repas. Ils ne semblent pas occasionnés par la fatigue ou la mauvaise digestion,

car, d'après les observations de Mosso au col d'Olen (2.865 m.), nombre de voyageurs arrivant à dos de mulet en sont également indisposés. En étudiant les rapports du vomissement avec les centres respiratoires, cet auteur a vu qu'il est précédé d'une augmentation dans la fréquence, et d'une diminution dans l'ampleur des mouvements respiratoires, et que ceux-ci deviennent un peu irréguliers. Quelque temps avant le vomissement, il se produit une diminution de tonicité dans les muscles de la cage thoracique. Enfin on a observé en même temps des coliques et une diarrhée abondante.

L'état général est toujours plus ou moins touché : d'ordinaire on se sent envahi par une somnolence invincible, avec obnubilation des facultés intellectuelles et affaiblissement de la mémoire. La volonté est nulle, tout devient indifférent. Si on laissait le malade sans secours, il demeurerait sur place sans chercher à se tirer d'affaire. Les exhortations pressantes des guides sont souvent nécessaires, même au voyageur le plus décidé, pour arriver au but de l'ascension. Chez certains sujets une *syncope* peut survenir : elle ne se produit que chez ceux qui sont particulièrement sensibles au climat d'altitude ; elle est passible du traitement classique, mais aussitôt le malaise dissipé, le parti le plus sage est de redescendre dans la vallée.

Les organes des sens participent à cet affaiblissement général : la vue s'obnubile, les oreilles bourdonnent. Le toucher et l'odorat restent cependant à peu près normaux.

Les symptômes cutanés relèvent surtout du froid et des radiations lumineuses. La peau est sèche, écailleuse ; les lèvres se fendillent. Les parties découvertes et exposées aux rayons du soleil comme la figure et les mains sont le siège d'un érythème intense avec sensation de cuisson très vive. La peau rougit, desquamme et en quelques jours tout rentre dans l'ordre. C'est ce que les alpinistes appellent « le coup de feu des montagnes ». Dans les cas plus sérieux, il se produit de petites ulcérations suintantes, qui se recouvrent de croûtes, et disparaissent plus lentement. On a conseillé pour éviter ces accidents, de se noircir le visage avec du noir de fumée, on préconise également diverses pomades dont nous ignorons l'efficacité : nous n'en avons jamais fait usage. Les yeux sont particulièrement sensibles à la réverbération des neiges aux hautes altitudes. Il faut toujours avoir soin de se munir de lunettes fumées : les cas de cécité passagère, sont dûs pour la plupart à l'inobservance de cette précaution.

Enfin on a signalé des hémorragies diverses : épistaxis, stomatorragies, otorragies, hémoptysies et hématomèses. D'après les auteurs, ces phénomènes sont très rares ; pour notre part nous ne les avons jamais constaté dans nos ascensions. En étudiant les observations publiées sur ce sujet, nous sommes amenés à ne pas les considérer comme symptômes du mal de montagne. Ce sont plutôt des complications relevant d'un état pathologique antérieur : obstruction de la trompe d'Eustache déterminant sous l'influence de la

dépression atmosphérique une rupture du tympan suivie d'écoulement de sang par l'oreille. D'autres fois, c'est un pré-tuberculeux qui fait une hémoptysie avec d'autant plus de facilité qu'il y est déjà prédisposé, ou un hémophilique dont les gencives saignent même en plaine. Nous ne nions pas cependant de parti-pris la possibilité d'hémorragies spontanées chez des sujets normaux. Dans les ascensions en ballon à très grande hauteur, on peut les observer, même dans ces conditions, elles sont extrêmement rares.

DIAGNOSTIC

Le mal de montagne ainsi défini, est d'un diagnostic facile : il ne peut être confondu qu'avec l'embarras gastrique aigu, fréquent, lui aussi, dans les ascensions. Le voyageur qui a une indigestion, ne la voit pas cesser dès qu'il se couche ou redescend au-dessous de 3.000 mètres. Ce seul signe suffit à différencier les deux affections.

PRONOSTIC

Bénin le plus souvent, puisqu'il suffit de revenir en plaine pour que tout disparaisse, il peut cependant devenir sérieux, si le malade s'obstine à continuer le voyage, et séjourne trop longtemps au point culminant. Dans ce cas le mal de montagne prend un caractère subaigu, sa gravité s'exagère, et son issue peut être fatale. A ce point de vue, l'exemple du Dr Jacottet de

Neuchâtel est remarquable. Le 28 août 1900, il monte à l'observatoire Vallot pour y effectuer quelques recherches scientifiques. Fortement atteint dès le début, il reste deux jours à la cabane pour s'acclimater. Le 1^{er} septembre, il se sent mieux et part pour le Sommet : le malaise augmenté, et tellement, qu'après une heure de séjour à la cime, il est obligé de redescendre aux Bosses. Là, son état s'aggrave encore; on lui conseille de revenir le soir même aux Grands-Mulets : il veut rester. La nuit se passe dans l'insomnie, il tousse, se plaint de la tête. Le lendemain, les symptômes deviennent alarmants. Sur le soir, les frissons et le délire s'emparent du malade : vers six heures il entre en agonie; il succombe à deux heures du matin.

L'autopsie, pratiquée après la descente du corps à Chamonix, n'a pas révélé de lésions caractéristiques. Le cœur et les reins ont paru normaux : seuls les poumons étaient fortement œdématisés.

Faut-il voir dans cet œdème pulmonaire la conséquence d'une néphrite aiguë d'origine toxique? Nous verrons que la chose est possible, mais nous ne saurions l'affirmer, faute d'observation précise. Il est en tous cas certain que la diminution de ventilation qui en est résultée a dû singulièrement aggraver les effets du mal de montagne.

II. — Mal de montagne subaigu ou tardif

Cette deuxième forme de la maladie peut exister indépendamment de l'autre : elle a une individualité

propre. Le voyage peut s'être effectué sans fatigue, on peut toucher au but sans avoir éprouvé le moindre symptôme, et cependant ce n'est pas là une garantie contre une atteinte tardive du mal de montagne. C'est ce qui nous advint lors de notre ascension de 1910 : notre entraînement préalable nous avait évité tout malaise précoce, et nous séjournions déjà à l'observatoire Vallot depuis plusieurs heures, quand nous ressentîmes une atteinte légère de mal subaigu. C'est aussi le sort habituel des guides : ils gravissent en pleine santé toute la montagne, ils atteignent le sommet, s'y installent, et ne se sentent malade qu'au bout d'un certain temps.

Le mal de montagne subaigu, c'est l'ensemble des troubles que subit l'organisme soumis à l'action du climat d'altitude *pendant un laps de temps assez prolongé*. Il se distingue du mal aigu, en ce qu'il se produit alors qu'on est au repos, souvent depuis longtemps, tandis que le mal aigu diminue et cesse par le repos. Ce fait tient à ce que la fatigue musculaire intervient pour une part importante dans l'étiologie de ce dernier, la seule influence de l'altitude produisant le premier : mais c'est là un point sur lequel nous aurons à revenir.

Avant de synthétiser en un tableau clinique tous les phénomènes pathologiques que l'on observe pendant un séjour en montagne, examinons successivement chacun des appareils de l'économie, pour voir comment il réagit dans ces nouvelles conditions.

1° NUTRITION

a) *Phénomènes digestifs.* — Dans les premières heures de séjour l'appétit diminue rapidement : bientôt survient une *anorexie* presque complète, qui ne cesse qu'au moment de la guérison. Cette anorexie est surtout marquée pour la viande, le pain. Seuls, les aliments liquides sont tolérés, et ne provoquent pas de nausée. Les boissons glacées ou acidulées, le bouillon de viande, sont absorbés avec plaisir, et même en plus grande quantité qu'en plaine. La *soif* est vive, pour la calmer 2 lit. 1/2 de liquides sont souvent nécessaires dans les vingt-quatre heures. La bouche est sèche, pâteuse, la salivation diminue. Des *vomissements* peuvent se produire, ils s'accompagnent parfois de coliques et de diarrhée. Pour notre part, nous n'avons jamais observé de troubles intestinaux bien nets.

Comment interpréter ces modifications dans les fonctions de l'estomac et de l'intestin ? M^r le D^r R. Bayeux a essayé tout récemment d'élucider la question. Au mois de septembre dernier, il a étudié, au Mont-Blanc, les variations dans la sécrétion du suc gastrique. Ses expériences ont porté sur un chien muni d'une fistule gastrique ; elles montrent que :

« 1° La quantité du suc gastrique sécrété dans un temps donné, après un repas identique, diminuée notablement pendant le séjour à une haute altitude ;

» 2° L'acidité totale de ce suc n'est que peu diminuée dans les mêmes conditions ;

» 3° L'activité générale du suc gastrique est fortement ralentie : en effet, si l'on évalue la différence entre le volume total du contenu stomacal et le volume du liquide filtré, les résidus que retient le filtre ont augmenté notablement pendant le séjour au Mont-Blanc.

» La pénurie de suc gastrique explique la perte de l'appétit ; elle paraît expliquer également l'avidité qu'on éprouve, à très haute altitude, pour tous les aliments susceptibles d'exciter la sécrétion gastrique ou de la suppléer, tels que : le jus de citron, le vinaigre et les épices. » (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, 13 février 1911).

La conséquence de cette anorexie est une dénutrition rapide se traduisant par une perte de poids en rapport avec leur gravité. Dans notre ascension de 1909, pendant laquelle nous avons été très éprouvés par le mal de montagne, nous avons perdus 4 kgr. 500 en huit jours, et le D^r Guillemard 3 kgr. 500. Cette année, pendant les dix jours qu'a duré notre expédition au Mont-Blanc, la perte de poids a été de 2 kgr. 400 pour nous et 2 kgr. 900 pour le D^r Guillemard.

b) *Phénomènes urinaires.* — Un fait capital domine la scène : c'est la diminution notable de la quantité des urines au début du séjour. Au sommet du Mont-Blanc, l'élimination urinaire peut se trouver réduite à la moitié de sa valeur normale, quelle que soit d'ailleurs la quantité de liquide absorbée. Divers observateurs ont déjà noté ce fait : le colonel Bauffoy remarque que la quantité de son urine « était minime et de couleur foncée » ; Lepileur, Martens, Piachaud, Lortet firent la même observation. Plus récemment, les D^{rs} Guillemard

et Moog ont établi une courbe de l'élimination urinaire à Paris et au Mont-Blanc. Les moyennes d'urine excrétée par kilogramme de poids étaient de 14 cmc. 55 et 12 cmc. 65 à Paris, et de 9 cmc. 35 et 6 cmc. 53 au sommet du Mont-Blanc.

L'analyse de l'urine a montré à ces mêmes auteurs de profondes modifications dans sa composition, bien que, pour éviter toute cause d'erreur les observateurs se soient astreints à conserver le même régime alimentaire sauf pour la boisson qui était prise en plus grande quantité au Mont-Blanc. Ils ont constaté une diminution considérable :

Du résidu fixe ;

De l'azote total ;

De l'urée ;

Des chlorures ;

Du phosphore ;

Du soufre ;

Le rapport azoturique $\frac{\text{Az urée}}{\text{Az total}}$ subit lui-même une baisse notable. L'azote uréique diminue donc proportionnellement plus vite que l'azote total. Il y a formation par l'économie, en plus grande quantité qu'en plaine, de matériaux azotés incomplètement transformés, leucomaines et extractifs azotés. L'acide silicostungstique, réactif des alcaloïdes, ajouté à l'urine en solution chlorhydrique, (H. Guillemard) indique la présence dans l'urine, émise pendant les premiers jours passés au Sommet, d'un excès considérable d'azote

alcaloïdique ; nous verrons l'intérêt que présente ce fait au point de vue pathogénique.

L'acide urique n'offre pas de variations caractéristiques.

Au point de vue cryoscopique les coefficients $\frac{\Delta V}{P}$, $\frac{\delta V}{P}$, $\frac{\Delta}{\delta}$, subissent, au début du séjour au Sommet, un abaissement considérable sur la signification pathogénique de laquelle nous aurons à revenir.

Tels sont les phénomènes urinaires observés pendant les premiers jours de la maladie. On constate, en somme, une diminution de l'excrétion des matériaux normaux de l'urine, sauf en ce qui concerne les extractifs azotés qui augmentent beaucoup.

Au troisième ou quatrième jour, le tableau clinique change subitement : une *crise urinaire* se produit ; les urines deviennent pâles, abondantes, leur volume dépasse de beaucoup la normale à laquelle il revient vers le neuvième jour. Cette débacle coïncide avec la sédation de tous les autres symptômes, la maladie entre dans sa période de déclin. A ce moment, l'analyse montre que le résidu sec est revenu à la normale : il n'augmente pas parallèlement à la quantité des urines. Par contre, l'élimination des alcaloïdes passe par un maximum au moment de la crise urinaire pour revenir ensuite lentement à son taux habituel. Les faits présentent une analogie frappante avec ce que l'on observe au cours de certaines maladies infectieuses : urines rares et foncées au cours de la mala-

die, crise urinaire coïncidant avec la sédation des symptômes et le début de la guérison.

2° RESPIRATION

Le sujet étant au repos complet, on constate au Mont-Blanc une légère accélération du rythme respiratoire. Le nombre des inspirations par minute évalué sur le D^r Guillemard, pendant l'expédition de 1907, était de 12,7 à Paris et de 16,3 au Mont-Blanc. Mais, au moindre mouvement, sous l'influence du plus léger effort, une dyspnée intense apparaît. Cette dyspnée d'effort est un des symptômes les plus persistants du mal de montagne subaigu ; elle ne s'atténue qu'après acclimatement complet. Outre son accélération, le rythme respiratoire peut encore être modifié d'une autre façon : on a vu la respiration prendre le rythme de Cheynes-Stokes. A Mosso a signalé aussi une modalité particulière, apparente surtout pendant le sommeil ; il l'a décrit sous le nom de respiration périodique.

L'augmentation du nombre des inspirations laissait supposer des échanges respiratoires plus actifs. Hallion et Tissot ont trouvé une augmentation évidente au cours de leurs ascensions aérostatiques. Schrøetter et Züntz, dans ces mêmes conditions, ne constatèrent qu'un très léger renforcement. Binet et Dupasquier, pendant une ascension en ballon à 4250 mètres, ont observé eux aussi, que la fréquence de la respiration s'accroît avec l'altitude. La ventilation pulmonaire a progressé mais

irrégulièrement. Les échanges gazeux se sont accrus, surtout l'oxygène absorbé par les tissus. Enfin le quotient respiratoire a beaucoup baissé. Le Dr Küss, (*Journal de Physiologie et de Pathol. gén.* t. VII, p. 982, 1905) étudiant à l'observatoire Vallot le chimisme respiratoire, conclut que les échanges ne varient pas notablement. D'autres expérimentateurs ont abordé la même question en montagne : on en trouvera la liste dans le mémoire de Küss. Disons seulement que parmi eux les uns constatent, comme cet auteur, l'invariabilité des échanges respiratoires, d'autres une stimulation dans les oxydations intra-organiques.

Devant ces résultats contradictoires, les D^{rs} Guille-mard et Moog ont de nouveau repris la question : ils ont expérimenté sur eux-mêmes, au Mont-Blanc, pendant les étés 1907 et 1908 et sont arrivés aux conclusions suivantes :

« 1° Pour ce qui concerne les coefficients respiratoires, le débit respiratoire apparent est toujours beaucoup plus élevé en montagne qu'en plaine ; malgré cela, le débit respiratoire réel est toujours moindre qu'en plaine ;

» 2° Les altérations centésimales de l'air inspiré sont notablement plus accusées en montagne qu'en plaine ;

» 3° Le quotient respiratoire ne subit aucun changement notable ;

» 4° Les quantités absolues de CO² exhalé et d'oxygène absorbé augmentent sensiblement en montagne ;

» 5° Le nombre des respirations est légèrement aug-

menté à 4810 mètres ; mais le volume réel des inspirations diminue considérablement. »

Quelle est l'influence de la dépression atmosphérique sur la quantité de sang contenue dans les poumons ? Est-il vrai que les poumons tendent à se congestionner lorsqu'on passe de la plaine à une altitude élevée ? Les expériences de Spehl et Desguin au col d'Olen ont prouvé que :

« 1^o La quantité de sang contenue dans les poumons chez le lapin augmente lorsque l'animal passe d'une altitude faible à une altitude de 3.000 mètres ;

» 2^o A l'altitude de 3.000 mètres comme au niveau du bord de la mer les poumons renferment plus de sang à l'inspiration qu'à l'expiration ;

» 3^o La différence entre ces deux dernières quantités paraît être moindre à l'altitude de 3.000 mètres qu'à une altitude faible voisine du niveau de la mer. »

III. — DESHYDRATATION DE L'ORGANISME

a) *Voie pulmonaire.* — Pour compléter l'étude des phénomènes respiratoires en montagne il nous reste à examiner quelle est la valeur de l'élimination de vapeur d'eau par le poumon. Cette perte d'eau est-elle moindre ou plus élevée qu'en plaine ?

Sur cette question les expériences faites à grande altitude sont très peu nombreuses, et les méthodes employées manquent de précision. Les recherches de Veraguth faites à Saint-Moritz (1769 m.) et celles

de Marcet au pic Ténériffe, laissaient entrevoir que l'air expiré contient plus de vapeur d'eau en montagne qu'en plaine. Il fallait néanmoins reprendre ces données suivant une technique plus rigoureuse.

Les D^{rs} Guillemard et Moog, à l'aide d'un dispositif spécial, sont arrivés à résoudre ce problème :

Une soupape de Chauveau et Tissot permettait de diriger le courant d'air exhalé dans une série de trois tubes en U de 5 centimètres de diamètre ; le premier, plein de CaCl_2 , était refroidi extérieurement par de la glace, et les deux suivants étaient garnis de coton de verre imprégné d' SO_4H_2 bouilli, dont le pouvoir absorbant est considérable. Un tel système retient intégralement l'eau exhalée pendant une demi-heure sans apporter aucune gêne à la respiration. A la sortie des tubes absorbants, l'air expiré est mesuré par un spiromètre de Verdun, préalablement comparé à un compteur à eau. La quantité d'eau contenue dans l'air inspiré était évaluée à l'aide d'un hygromètre chimique formé par un aspirateur de 10 litres, et un système de trois tubes absorbants très légers garnis de coton de verre sulfurique.

Sans donner le détail de l'expérimentation, nous retiendrons seulement les conclusions auxquelles ces auteurs aboutirent :

« 1° Le poids d'eau émise par le poumon en une heure s'est montré remarquablement constant, et indépendant de l'altitude : il est d'environ 16 grammes ;

» 2° L'humidité atmosphérique diminuant à mesure

que l'on s'élève, la perte d'eau par la voie pulmonaire est sensiblement plus élevée au-dessus de 300 mètres qu'en plaine, où elle est de 11 grammes environ par heure ».

b) *Voie cutanée*. — On admet généralement, sans preuve expérimentale d'ailleurs, que l'évaporation, à la surface de la peau, est plus intense sur les sommets élevés. « La sécrétion sudoripare semble diminuer, écrit Veraguth; au contraire, la sueur est sécrétée autant et probablement plus qu'en plaine, seulement elle s'évapore immédiatement... Nous n'avons aucun résultat positif au sujet de la perspiration cutanée; mais, vu le grand pouvoir d'évaporation de l'air, on ne peut mettre en doute que cette fonction de la peau doive être augmentée dans la même mesure; d'où diminution de la masse du sang. » Foa réfuta cette hypothèse en montrant que la baisse de pression barométrique restreint la deshydratation de l'organisme. Les D^{rs} Guillemard et Moog ont mis en évidence le rôle analogue du froid, si important en haute montagne.

Ils ont de plus essayé d'apprécier approximativement les variations de l'élimination cutanée à l'aide du procédé suivant :

Un cristalliseur de 4 cm. 5 de diamètre muni d'un bouchage rodé reçoit 5 cmc. 3 d'acide sulfurique bouilli; on le pèse, puis on applique sur son orifice la paume de la main pendant quinze minutes. Une deuxième pesée donnait la quantité d'eau absorbée par l'appareil, Si cette méthode ne permet pas de mesurer le poids

de vapeur d'eau émise par la surface cutanée, on peut admettre cependant que les chiffres obtenus varient dans le même sens que la quantité cherchée.

Il résulte de ces recherches que la perte d'eau par la peau diminue à mesure que l'on s'élève ; il n'est pas possible cependant d'affirmer que cette diminution soit proportionnelle aux données numériques des expériences.

c) *Elimination d'eau par l'ensemble des voies pulmonaire et cutanée.* — Pendant notre ascension de 1909, nous avons collaboré, avec les D^r H. Guillemard et R. Moog, à l'étude de cette question. La méthode employée a été celle des pesées. Avant nous, Foa a déjà utilisé la balance pour cette recherche : il a trouvé que l'homme exhale moins de vapeur d'eau dans l'air raréfié qu'à la pression ordinaire. Seulement il ne tenait aucun compte de la température extérieure qui, cependant, a une importance considérable en pareil cas, et négligeait la perte de poids que subit constamment l'organisme du fait de l'élimination d'acide carbonique.

Le principe de la méthode que nous avons utilisée est le suivant : le poids du corps se modifie sans cesse ; même si on fait abstraction des gains dûs à l'alimentation et des pertes dûes à l'élimination urinaire, il diminue d'une façon continue sous l'influence des échanges respiratoires, pulmonaires et cutanés. Cette perte de poids dans un temps donné, représente la différence entre les gains de l'organisme et ses pertes dans le même temps. Or le gain est constitué par

l'oxygène fixé à chaque inspiration, et la perte résulte de l'eau et de l'acide carbonique qui se dégagent au niveau de la peau et des poumons. La quantité d'acide carbonique éliminé par la peau est extrêmement faible et négligeable dans les conditions de l'expérience ; elle est inférieure, en effet, à la centième partie de celle qu'élimine le poumon. Il suit de là que la perte de poids p . dans un temps donné est constituée par les éléments suivants :

$$p = \text{H}^2\text{O dégagée} + \text{CO}_2 \text{ dégagé} - \text{O}^2 \text{ absorbé (1).}$$

La quantité d'eau perdue, dans un temps donné, par les voies pulmonaire et cutanée est donc donnée par la formule :

$$\text{H}^2\text{O} = p - \text{CO}_2 + \text{O}^2.$$

On détermine p par pesée, CO_2 et O^2 par l'analyse des gaz expirés, dont on connaît le volume. Voici quelques détails de technique :

La perte de poids du corps dans un temps donné était déterminée par deux pesées faites à l'aide d'une balance sensible au gramme pour 100 kilogrammes ; cette sensibilité est suffisante, la perte de poids pouvant atteindre le gramme pendant le temps que dure la pesée. La question des vêtements a son importance ; c'est, en effet, par leur intermédiaire que se fait l'évaporation cutanée ; aussi la perte de poids due à ce facteur, dépend-elle de leur perméabilité et les expériences ne seront-elles *a priori* comparables que si la composition

1. Si le quotient respiratoire était égal à l'unité on aurait :
 $p. = \text{H}^2\text{O} + \text{C}.$

du vêtement ne subit pas de modification importante. Les pesées étaient faites à trois heures environ d'intervalle, temps pendant lequel on pratiquait les analyses de gaz comme il va être dit.

Ces dosages de CO^2 et O^2 dans les gaz de la respiration s'effectuent d'ordinaire en recueillant et mesurant tout l'air expiré ou une partie connue de cet air, puis en déterminant sa composition par l'analyse d'une prise d'essai. Cette méthode exige l'emploi d'appareils difficilement utilisables en montagne. Nous avons pensé qu'on pourrait la simplifier tout en lui conservant sa précision. A cet effet, nous avons eu recours à l'*échantillonnage continu* des gaz expirés, pratiqué sur le courant gazeux qu'une soupape de Chauveau dirigeait dans un spiromètre; on peut considérer le gaz comme saturé d'eau à cette température, l'appareil condensant forcément l'eau de la respiration. L'échantillonnage était effectué à l'aide d'une burette à gaz présentant une colonne graduée de 50 centimètres cubes divisée en dixièmes, munie d'un réservoir à mercure mobile, et entourée d'un manchon d'eau dont un thermomètre donnait la température. Pendant que le sujet en expérience respire par l'intermédiaire de la soupape, la burette étant pleine de mercure, on abaisse le réservoir de mercure et on ouvre le robinet supérieur de façon à laisser pénétrer graduellement le gaz qui remplit la burette pendant la durée de l'expérience (5 à 10 minutes) (1). Il était évident *à priori* (et l'expérience l'a

1. Nous avons toujours eu soin, avant d'effectuer la prise

montré) que le gaz ainsi recueilli présente la composition moyenne de l'air expiré ; il reste à en faire l'analyse.

On absorbe CO^2 en introduisant dans la burette 3 centimètres cubes d'une lessive de KOK à 60 pour 100 ($D = 1,434$ à 17 degrés). Il faut tenir compte de ce fait que la lessive alcaline mouille la surface interne du verre autrement que l'eau ; il y a là une correction à introduire qu'il est aisé de déterminer expérimentalement et qui se montre constante si on laisse écouler toujours le même temps entre l'agitation et la lecture, et si on opère toujours sur le même volume gazeux. Dans la mesure de la pression du gaz, il faut tenir compte de la hauteur et de la densité de la colonne de potasse.

L'oxygène est absorbé ensuite par le pyrogallol. On sait que, dans certaines circonstances, l'action du pyrogallol sur la potasse peut donner lieu à un faible dégagement d'oxyde de carbone ; mais W. Hempel et Berthelot ont montré que l'on peut se mettre à l'abri de cette cause d'erreur. Nous faisons le dosage en introduisant dans la burette 0 cmc. 6 d'une solution aqueuse de pyrogallol à 1 gr. 26 pour 4 centimètres cubes de solution. L'addition de la solution de pyrogallol à la lessive de potasse ne change pas sensible-

destinée à l'analyse, d'en faire rapidement plusieurs autres destinées à purger d'air le petit tube qui joint la burette à l'appareil, et à saturer de CO^2 la petite quantité (aussi faible que possible) qui mouille toujours le verre et le mercure de la burette.

ment sa tension de vapeur, non plus que la façon dont elle mouille le verre ; on fait des lectures tout à fait comparables en opérant toujours sur le même volume gazeux, et en laissant l'appareil au repos pendant le même temps avant la lecture. Les lectures étaient faites au cathétomètre à la base des ménisques. Des dosages, successifs d'oxygène dans l'air atmosphérique accusent une erreur de moins de 0,2 0/0.

TABLEAU I

Sujets	Lieux et dates	CONDITIONS CLIMATÉRIQUES				Perte d'eau par heure	Rapport de deshydratat. (2)
		Tempér.	Pression	Humidité (1)	Perte de poids par heure		
H. G... (78 kilos)	Paris mai 1909	16°	762	10,70	52	46	0,87
	Observ. Vallot (4.350 m.) septembre 1909	5°	446	4,05	38	31	0,81
R. M... (59 kilos)	Paris mai 1909	16°	761	11,24	48	44	0,90
	Observ. Vallot septembre 1909	1°7	443	3,10	41	34	0,81
G. R... (75 kilos)	Paris juillet 1909	19°8	759	12,96	47	42	0,89
	Observ. Vallot septembre 1909	5°8	449	4,55	40	33	0,81

Il est important que pendant l'expérience l'attention du sujet, qui doit rester complètement étranger à la

1. Poids d'eau contenu dans un mètre cube d'air.

2. Rapport entre la perte d'eau et la perte totale de poids.

manipulation, soit distraite par la lecture et qu'on le laisse s'accoutumer à l'appareil avant de commencer les lectures au spiromètre, et de faire les prises d'essai.

Résultats obtenus. — Nous avons réuni les moyennes des chiffres obtenus dans le tableau I : nous en tirons les conclusions suivantes :

La quantité moyenne d'eau éliminée par heure par les voies pulmonaire et cutanée chez les différents sujets en expérience, a été 45 grammes (pour une perte de poids moyenne de 50 grammes), à Paris, dans les conditions des expériences.

Ces quantités se sont toujours montrées plus faibles en montagne qu'en plaine. Le rapport entre la perte d'eau et la perte de poids est toujours plus faible en montagne qu'en plaine.

Pour le sujet H.-G., la quantité moyenne d'eau éliminée par heure par les voies pulmonaire et cutanée a été de 49 grammes à Paris, et la perte d'eau par la voie pulmonaire de 11 grammes (22 0/0 de l'eau éliminée l'est par le poumon). Au Mont-Blanc ces deux quantités sont devenues respectivement 34 grammes et 15 gram. (44 0/0 de l'eau éliminée l'est par le poumon).

Nous pouvons dès maintenant déduire de ces résultats la constatation suivante : la réduction des phénomènes de deshydratation aux grandes altitudes ne peut expliquer l'oligurie du mal de montagne. Tout au contraire, l'eau retenue dans l'économie devrait s'éliminer par les reins en donnant de la polyurie.

Si cette polyurie n'existe pas pendant les premiers jours de l'acclimatement, c'est qu'il se produit au niveau

du rein une vaso-constriction interdisant aux liquides cette voie de dérivation.

Cliniquement cette rétention d'eau dans l'organisme doit se traduire par des œdèmes tout comme dans la néphrite hydropigène par exemple. Effectivement c'est ce que l'on constate. Pendant nos séjours à l'observatoire Vallot nous avons pu les observer sur nous-même, et aussi sur les D^{rs} Guillemard et Moog. Chez ces derniers les œdèmes étaient surtout apparents à la face dorsale des mains; sur nous au visage. Toujours assez marqués pour que la pression du doigt laisse un godet persistant, ils présentent tous les caractères des œdèmes d'origine rénale. Ils sont mous, non douloureux, de coloration blanchâtre, et absolument indépendants des lois de la pesanteur. Très persistants, ils ne s'atténuent qu'au moment de la crise urinaire, sans cependant disparaître totalement.

4^e CIRCULATION

a) **Appareil circulatoire.** — Les battements cardiaques sont accélérés même au repos. Cette constatation a déjà été faite par Regnard en montagne, et dans les cloches pneumatiques de la Sorbonne; Veraguth a confirmé le fait à Saint-Moritz; Jaccoud, Mermod et Weber l'ont également observé. Gay-Lussac, en ballon a vu son pouls passer de 50 à 82 et Biot de 79 à 111 pulsations. Les recherches sphymographiques sur les hauteurs ne sont pas nombreuses: Forel a pris quelques tracés à 2.780 et à 4.300 mètres. Plus récem-

ment, le Dr Guillemard a obtenu des courbes intéressantes au Mont-Blanc. Nous n'avons pu, cette année, enregistrer graphiquement le pouls : nous nous sommes contentés de compter au repos les pulsations de la radiale au cours de nos différentes étapes. La moyenne des expériences se trouve consignée dans le tableau ci-joint (Tableau II).

TABLEAU II

Moyennes du nombre de pulsations par minute

	Sujet H. G...		Sujet G. R...	
	A jeun	Après le repas	A jeun	Après le repas
Chamonix (<i>montée</i>)...	73	90	60	75
Grands-Mulets (<i>montée</i>)	71	84,5	63	84
Observ. Vallot.....	91	97,33	95,66	93,66
Sommet.....	99	105	88	92
Grands-Mulets (<i>descente</i>).....	88	95	60	88
Chamonix (<i>descente</i>)..			53,5	86

Nos résultats sont comparables avec ceux de Regnard et de Veraguth : ils montrent nettement la tachycardie progressive à mesure que l'on s'élève. Il serait intéressant de rechercher si, tout de suite après la descente, il ne se produit pas un ralentissement du rythme cardiaque. Il semble que, étant donné l'hyperglobulie qui paraît inséparable du séjour aux hautes altitudes, l'organisme se trouve après le retour en plaine dans

des conditions telles que l'on devrait constater des modifications notables soit dans le rythme cardiaque soit dans la ventilation pulmonaire. Les résultats expérimentaux que nous avons obtenus ne résument pas un nombre suffisant d'observations pour qu'on puisse conclure dans ce sens. Nous espérons pouvoir faire ultérieurement une étude plus approfondie de cette intéressante question.

La *tension artérielle* varie-t-elle en montagne? Les recherches effectuées par divers auteurs, ont donné quelques résultats contradictoires. L'étude de la pression du sang dans l'air raréfié avait été ébauchée par P. Bert lors de ses expériences sous la cloche pneumatique. Mais les moyens dont il disposait ne lui permirent que des observations incomplètes : « Les rares constatations que j'ai pu faire, dit-il, ne m'ont montré que de faibles diminutions ». Quelques années plus tard, Frankel et Geppert trouvèrent que la pression du sang ne change pas pour des baisses barométriques considérables. Cependant quand la raréfaction de l'air atteignait 215 millimètres et mettait, par conséquent, la vie en danger, ils observèrent une forte augmentation de la pression sanguine avec ralentissement du pouls. Regnard, au moyen de l'hémodynamomètre, est arrivé à un résultat analogue : il conclut que « la vie à l'altitude, ne modifie pas sensiblement la tension artérielle ».

A. Mosso, reprenant ce sujet d'étude, a fait une série d'expériences au sommet du mont Rose (4.560 m.) à l'aide du sphygmomanomètre, et n'a noté à cette

altitude aucune différence. En 1903 L. Camus, au moyen d'un dispositif particulier, a pu produire rapidement de grandes dépressions barométriques dans une enceinte close dans laquelle il mettait un lapin, dont il pouvait prendre graphiquement la courbe de tension artérielle. Il conclut lui aussi que : « aucun changement de la pression sanguine n'est à redouter du fait d'une décompression brusque dans une ascension rapide, ou inversement d'un retour sans transition à la pression normale dans une descente brusque d'une altitude considérable ».

Nous avons profité de notre récent séjour au Mont-Blanc pour faire de nouvelles recherches sur ce point. La première difficulté était de trouver un appareil facilement transportable et peu fragile. Or, la plupart des sphymomètres les plus précis, sont d'un mécanisme délicat, et risquent de se détériorer au cours de l'ascension. Finalement, nous nous sommes arrêtés au sphymomètre à ressort de Verdin, modifié par Chéron, muni d'un patin ovale capable de presser sur l'artère sans appuyer en même temps sur les muscles environnants.

Sensibilité de l'appareil. — Ce sphymomètre permet d'apprécier les variations de la pression sanguine en hausse ou en baisse, mais il n'en donne qu'approximativement l'évaluation en centimètres de mercure. De plus, il laisse une part trop considérable à l'observateur. Pour obtenir des résultats comparables, il faut donc expérimenter dans des conditions toujours iden-

tiques, même alors, il reste entendu que nous avons cherché uniquement à savoir si la tension sanguine subit des modifications sensibles quand on passe de l'altitude de Paris à celle du Mont-Blanc.

Conditions d'expériences. — Le bras du sujet étant en demi-supination, nous repérons avec soin la radiale sur une longueur de 4 centimètres, depuis le pli antérieur de l'articulation du poignet. Nous marquons, au crayon dermatographique, la place que devra occuper le patin de l'instrument. Cela fait, l'observateur pose doucement son index droit au-dessous du point désigné pour le sphygmomètre, pendant que son index gauche annule le pouls récurrent. Pendant toute la durée de l'expérience, il est occupé à compter les pulsations de l'artère, et c'est le sujet lui-même qui appuie progressivement le patin de l'appareil à l'endroit désigné. Au moment précis où le pouls cesse d'être perçu par l'observateur, il ne reste plus qu'à lire le chiffre indiqué par le sphygmomètre. On recommence six fois de suite la même manœuvre, et la moyenne des six évaluations constitue une expérience.

Il résulte de ces recherches (effectuées sur deux sujets, H. G... et G. R...) que la tension sanguine est restée à peu près constante pendant le passage de Paris à l'altitude du Mont-Blanc, nous n'avons observé, en effet, que des variations moyennes d'une demi-division. Ces observations se rapprochent donc de celles de Mosso au mont Rose, et nous concluons avec cet auteur que la pression du sang ne varie pas d'une façon sensible aux grandes altitudes.

b) **Sang.**— Les modifications du sang sous l'influence du séjour en haute montagne ont suscité de très nombreuses recherches. La question de l'hyperglobulie a surtout intéressé les physiologistes depuis que Viault eut signalé ce mode particulier de réaction de l'organisme contre la raréfaction atmosphérique des régions élevées. Mais, quand on étudie l'abondante littérature qui a trait à cette question, on est frappé du manque de concordance des résultats obtenus. La cause en est dans l'extrême complexité des phénomènes soumis à l'observation. Nous ne pouvons faire ici un historique complet. Notons seulement que la question a traversé deux phases successives; que la néoformation de globules rouges constitue le mécanisme par lequel l'économie s'adapte à la raréfaction de l'air des grandes altitudes, ce fait paraissait absolument établi par les travaux de Viault, Mercier, Egger, Suter, lorsque d'autres physiologistes, Ambard et Beaujard, Armand-Delille et Mayer, Calugareanu et Henri démontrèrent que l'hyperglobulie ne s'observe que dans le réseau vasculaire de la périphérie, et ne se manifeste pas dans le sang des gros troncs artériels : on constate presque toujours, au contraire, une diminution du nombre des hématies. Foà, dans une étude critique où il apporte ses propres observations faites au mont Rose, conclut que l'hyperglobulie est due à une stase du sang dans les vaisseaux périphériques dilatés. Mais dès lors y a-t-il hyperglobulie totale? Y a-t-il simple déplacement d'hématies à la périphérie? Il est impossible de le

dire puisqu'on n'a aucun moyen de savoir dans quelle mesure l'hypoglobulie centrale compense l'hyperglobulie périphérique. Aussi, en 1904, Armand-Delille et Mayer, après de consciencieuses recherches, conclurent-ils que « la notion d'hyperglobulie ne paraît rien moins qu'assurée... il semble que le problème de l'adaptation au climat des altitudes reste ouvert. »

Tel était l'état de la question au moment où H. Guillemard et R. Moog ont entrepris de nouvelles recherches au Mont-Blanc dans l'espoir que la grande différence d'altitude qui sépare Paris du plus haut sommet des Alpes permettrait, en exagérant les réactions de l'organisme, d'apporter à la solution du problème des données nouvelles. Ces auteurs ont opéré sur des lapins, des cobayes et des rats blancs chez lesquels le sang était prélevé à la fois à la périphérie, par piqûre aux oreilles, et au centre par ponction du cœur. Les hématies étaient numérées à l'aide d'un hématimètre de Hayem. Les dosages d'hémoglobine ont été effectués par la méthode colorimétrique de M. Lopicque, à l'aide d'un colorimètre de Dubosq.

De toutes les observations ainsi réunies, se détachent les conclusions suivantes :

« Les variations du sang sous l'influence du séjour aux grandes altitudes sont extrêmement complexes. Pour ce qui concerne les hématies, on observe tantôt l'hyperglobulie périphérique avec hypoglobulie centrale, tantôt une hyperglobulie à la fois centrale et périphérique. Pour ce qui concerne le taux d'hémoglobine,

il existe soit une variation dans le même sens que celle des globules, soit une variation en sens inverse. *Mais, dans tous les cas, on a observé une diminution de la richesse globulaire ce qui implique nécessairement une néoformation d'hématies.* Ces phénomènes varient d'ailleurs avec le temps. L'hyperglobulie périphérique avec hypoglobulie centrale paraît être un phénomène du début auquel se substitue au bout d'un temps variable une hyperglobulie à la fois centrale et périphérique. La diminution du taux d'hémoglobine coïncidant avec l'hyperglobulie ne peut être constatée qu'au début d'un séjour à très grande altitude ; elle indique une rétention d'eau par l'organisme, phénomène en relation évidente avec l'oligurie du mal de montagne subaigu ; au bout de quelques jours survient la décharge urinaire qui font perdre à l'économie l'excès d'eau emmagasinée. L'augmentation du taux d'hémoglobine s'observe presque toujours ; au début, cette augmentation est proportionnellement moins rapide que celle des globules, les hématies nouvellement formées ayant une faible teneur en hémoglobine ; mais par la suite cette teneur augmente, et le chiffre d'hémoglobine croît plus vite que le nombre des globules.

En somme la complexité du problème tient à ce que les variations portent sur quatre éléments différents : nombre des hématies, taux d'hémoglobine, valeur globulaire des hématies, masse du sang et sont fonction à la fois de l'altitude et du temps. La complexité de ces phénomènes explique sans doute le défaut de concordance des observations antérieures. »

c) **Les gaz du sang.** — Cette question est difficile à étudier en montagne : les recherches qu'elle nécessite sont trop délicates pour être faites à de grandes altitudes. Nous n'aurons à citer que des expériences de laboratoire : celles, effectuées par P. Bert dans les cloches pneumatiques de la Sorbonne, ont pleinement confirmé les vues pathogéniques de cet auteur sur le mal de montagne. Le dispositif expérimental était le suivant : un chien, dont une carotide a été dénudée, est placé sous une cloche à l'intérieur de laquelle on peut faire et maintenir un vide partiel. Dans le vaisseau, on enfonce une canule qui communique avec l'extérieur par un tube de caoutchouc à parois épaisses ; une seringue permet de faire des prises de sang. Pour éviter la coagulation du sang dans le tube en caoutchouc, une longue serre-fine, maniable de l'extérieur, pinçait l'artère en amont de la canule. De cette façon, on laissait pénétrer le liquide sanguin seulement au moment des prises. Tout étant ainsi disposé, on commençait à faire le vide, et de temps en temps on soutirait à l'animal 50 centimètres cube de sang.

L'analyse des gaz extraits par le vide, a donné à P. Bert les résultats suivants :

Pressions	Oxygène	Anhydride carbonique
760 mm.	19 cmc. 7	34 cmc. 8
590	16 9	33 2
450	15 6	30 2
340	10 8	29 3
250	10 1	23 2
170	7 3	12 4

L'examen des chiffres montre que la quantité d'oxygène et d'anhydride carbonique dissous dans le sang diminue à mesure que la pression barométrique baisse.

Cet appauvrissement progressif du sang en oxygène et en anhydride carbonique, n'est peut-être pas étranger aux modifications de la réaction de ce liquide en montagne. Il résulte des expériences d'Aggazzotti et de celles de Galeotti au mont Rose, que le sang des animaux soumis à la dépression subit une diminution notable de son alcalinité propre. Pour A. Mosso et Marro ce phénomène est en rapport avec l'abaissement du taux de CO_2 pour d'autres (Terray, Araki, Saiki Züntz, Lœvy...) il serait dû à la formation de produits incomplètement oxydés, d'acides gras, en particulier, dont la présence est due à un défaut d'oxydation. Si la diminution de l'alcalescence du sang sous la machine pneumatique est moindre que celle observée par Galeotti au mont Rose, cela tient, sans doute, à ce que la formation des produits d'oxydation incomplète étant lente, les effets de l'anoxyhémie se font sentir plus fortement durant le séjour sur les hautes montagnes que pendant les courtes expériences de laboratoire.

5° TEMPÉRATURE DU CORPS

Les phénomènes de calorification aux grandes altitudes sont parmi les premiers qui aient attiré l'attention des chercheurs. De Saussure au col du Géant ne relève aucune différence dans sa température buccale en plaine et en montagne. Mermoud a fait sur lui, la

même observation en passant de Strasbourg à Sainte-Croix. Lortet et Marcet, au Mont-Blanc, sont arrivés au même résultat quand ils restaient au repos absolu. Mais dès qu'ils s'agitaient, ou lorsqu'ils avaient le mal

TABLEAU III

LIEUX	TEMPÉRATURE RECTALE			
	Sujet H.-G.		Sujet G.-R.	
	A jeun	Après le repas	A jeun	Après le repas
Paris	37°37	37°42	37°23	37°32
Chamonix	37°20	37°20	37°3	37°3
1.050 m.				
Grands-Mulets	37°3	37°6	36°95	37°03
3.051 m.				
Observat. Vallot	37°42	37°5	36°97	37°05
4.350 m.				
Sommet	37°1	37°4	36°95	37°25
4.810 m.				

de montagne, ils constataient un abaissement notable de leur température. Celle-ci aurait varié de plus de 4 degrés entre Chamonix et le sommet du Mont-Blanc. Leurs conclusions — Forel l'a démontré — ont été faussées par un vice d'expérimentation. Ces auteurs n'ont pris que des températures buccales, or, on sait que la bouche est constamment refroidie par le courant d'air passant des fosses nasales dans le pharynx. Seule la température rectale pouvait donner des indications précises : c'est celle que nous avons prise sur nous-même

au cours de notre dernière ascension. Le thermomètre était laissé en place 15 minutes, et nos expériences ont été faites soit le matin à jeun, soit après le repas de midi. Nous donnons dans le tableau III les moyennes des chiffres trouvés dans ces conditions.

Comme on le voit, la température *centrale* du corps est restée sensiblement constante de Paris au sommet du Mont-Blanc. Ce résultat est comparable à celui que Regnard a obtenu sur des animaux soumis artificiellement à la dépression barométrique.

6° CALORIMÉTRIE

Mais si la température du corps ne varie pas, la chaleur dégagée dans l'unité de temps n'est pas nécessairement la même en montagne et en plaine. Jusqu'ici à notre connaissance, aucune expérience de calorimétrie n'avait été faite dans les hautes altitudes. Aussi, dans notre ascension de juillet 1910, avons-nous spécialement étudié la question, en collaboration avec le Dr Guillemard. Nos résultats ont déjà fait l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences (1) : nous les exposerons ici avec plus de détail.

Pour diverses raisons, nous avons renoncé à opérer sur des animaux, d'ailleurs l'anémo-calorimètre de M. d'Arsonval nous a permis de faire ces recherches

1. C. R. de l'Acad. des Sc., 26 sept. 1910.

sur nous-même. Cet instrument, à la fois transportable et précis, s'est admirablement prêté à l'observation dans les circonstances particulièrement difficiles où nous avons dû opérer.

Principe de la méthode. — Le calorimètre de D'Arsonval est trop connu pour que nous le décrivions ici; nous rappellerons seulement qu'il est constitué par une enceinte cylindrique en étoffe de laine épaisse, fermée en haut par un disque de bois. Ce disque est muni en son centre d'un orifice dans lequel s'emboîte exactement un tuyau qui porte à son ouverture supérieure un anémomètre de Richard. La source de chaleur, placée dans l'enceinte, détermine un courant d'air ascendant, dont il est facile de mesurer la vitesse à l'aide de l'anémomètre. On calcule le nombre de calories dégagées, sachant que cette quantité est proportionnelle au carré de la vitesse de l'air.

Conditions d'expériences. — Suivant les indications de M. D'Arsonval (1), nous avons gradué l'appareil avant chaque expérience, avec une exactitude suffisante pour des mesures comparatives, en nous servant de bougies de l'« Étoile » (8 à la livre). Ces bougies dégagent 95 calories à l'heure; elles déterminent dans notre appareil un courant d'air de 43 mètres à la minute. Cette source de chaleur servait, en outre, à échauffer l'appareil avant l'entrée du sujet. Pour avoir des résultats comparables, nous avons opéré toujours aux mêmes

1: *Archiv. de Physiol.*, avril 1894.

heures : le matin à jeun, et l'après-midi vers 4 heures. En outre, notre vêtement n'a subi aucun changement notable à Paris et au Mont-Blanc. Enfin toutes les précautions étaient prises pour que l'appareil fut toujours absolument identique à lui-même.

Voici comment nous avons procédé : pendant que l'un de nous prenait sa température, l'autre faisait une observation avec la bougie. Les deux opérations durant à peu près le même temps, le calorimètre se trouvait dans de bonnes conditions, quand le sujet en expérience était prêt à y entrer. Chaque expérience durait onze minutes : pendant la première minute, on laissait le moulinet de l'anémomètre prendre une vitesse constante. Au début de la deuxième minute, on embrayait le compteur ; à la fin de la onzième on débrayait. Il ne restait plus qu'à lire sur le cadran le nombre de tours effectués. Nous résumons dans le tableau IV les résultats obtenus.

L'examen des chiffres montre que la chaleur dégagée augmente sensiblement au Mont-Blanc. Dans une expérience elle a varié d'un tiers environ, puisque pour le sujet H. G... le nombre des calories a passé de 69 c. 63 (Paris) à 95 c. 19 (Mont-Blanc), et pour le sujet G. R... de 69 c. 90 à 91 c. 20. Nous concluons donc à *une augmentation des combustions en montagne*, attribuable vraisemblablement pour une grande part à l'abaissement de la température extérieure. M. Küss a montré, en effet, que si l'on soustrait complètement les sujets en expérience à l'action périphérique du froid, les autres

conditions restant les mêmes, des combustions intra-organiques, mesurées par les échanges respiratoires, ne sont pas notablement modifiés.

TABLEAU IV

Lieux	Sujets	CONDITIONS CLIMATÉRIQUES		Vitesse du courant d'air par minute	Calories dégagées par heure
		Tempé- rature	Pression		
			milli- mètres	mètres	calories
Paris	H.-G. (1)	17°2	755	36,8	69,63
	G.-R.	17°7	755	36,9	69,90
Chamonix 1.050 m.	H.-G.	18°9	678	35,4	64,31
	G.-R.	18°6	678	35,0	62,98
Grands-Mulets 3.051 m.	H.-G.	10°	532	39,0	78,18
	G.-R.	10°	534	38,2	74,86
Observ. Vallot 4.350 m.	H.-G.	4°1	453	43,0	95,19
	G.-R.	3°5	453	42,25	91,20

Étude synthétique du mal de montagne subaigu

Jusqu'ici nous n'avons fait qu'une étude analytique de la forme subaiguë du mal de montagne ; il nous reste maintenant à réunir dans un tableau clinique les différents symptômes que nous avons observé. Si, pendant nos ascensions, nous avons évité les manifesta-

1. Sujet H.-G. = 87 kilos.
G.-R. = 76 kilos.

tions aiguës, nous n'avons pas échappé pour autant aux malaises tardifs. Très peu de personne, d'ailleurs, restent réfractaires : même les guides en sont plus ou moins atteints. L'un des nôtres, notre fidèle et dévoué Edouard Ravanel nous avoua à l'observatoire Vallot ne pas se trouver en aussi bonne santé qu'à Chamonix : le mal de tête, la somnolence et l'inappétence ne l'épargnaient pas. Ce n'est pas l'entraînement qui lui manque cependant, puisqu'il a déjà gravi la cime du Mont-Blanc plus de 150 fois. Ce fait montre bien que la fatigue, facteur étiologique capital dans le mal aigu, est ici de peu d'importance.

Pour rendre la description plus vivante, et pour mettre en relief l'ordre d'apparition des différents symptômes, nous citerons notre auto-observation prise lors de notre ascension de 1909. Pendant notre séjour de 1910 au Mont-Blanc, les malaises éprouvés ont été moins accentués que ceux de l'année précédente.

Il était 9 h. 30 du matin quand nous entrions à l'observatoire Vallot, transis de froid, mais bien portant. A peine ressentions-nous une légère disposition aux nausées. Dans la matinée, nous nous réchauffons à peu près, et vers midi, nous essayons d'absorber quelques aliments : mais l'appétit est déjà notablement diminué. Dans la soirée, une torpeur intellectuelle nous envahit peu à peu, rien de ce qui nous entoure ne nous intéresse plus, la mer de nuages s'étendant à l'infini, la coloration féerique de la neige au soleil couchant, tout devient indifférent. Le refroidissement est aussi l'un des premiers symptômes de la maladie :

les moyens de chauffage les plus divers ne parviennent plus à compenser la déperdition de chaleur.

Bientôt des frissons surviennent marquant l'entrée en scène des grands malaises ; parmi ceux-ci, la céphalalgie est certainement l'un des plus pénibles. D'abord sourde et discontinue, elle augmente jusqu'au soir ; le moindre mouvement l'exagère, à ce point que nous demeurons immobile, étendu sur un lit. Si nous essayons de nous lever, l'effort pourtant minime, qui en résulte, détermine une crise de dyspnée, et une tachycardie intense : nous restons haletant pendant quelques minutes au cours desquelles le cœur bat comme après une course forcée. Chaque pulsation retentit douloureusement dans la tête, et, de ce fait, la céphalalgie prend un caractère lancinant. Le repos, en position horizontale, diminue un peu ces phénomènes sans cependant les faire disparaître complètement.

A 7 heures du soir, l'anorexie est complète, des nausées surviennent. Cependant nous absorbons un potage, qui amène un peu de soulagement. La nuit se passe dans de mauvaises conditions ; on ne goûte pas, comme en plaine après une fatigue, un sommeil réparateur. Ce n'est pas non plus l'insomnie complète : nous étions plongé dans un état de somnolence, une sorte de demi-sommeil dans lequel les phénomènes extérieurs sont encore perçus, et éveillent dans l'imagination les images les plus inattendues. C'est un commencement de rêve naissant des sensations du moment. La volonté est très affaiblie, on ne se sent plus le courage de dominer la profonde mélancolie qui

accable. Cette tristesse, d'ailleurs, est singulièrement favorisée par le milieu environnant : la nuit, l'isolement dans ces solitudes, les rafales de vent qui font rage au dehors, ébranlant l'observatoire jusque dans sa charpente, tout cet ensemble contribue à créer cet état mental particulier.

Sur le matin, un véritable assoupissement se substitue à cet état demi-conscient, sans procurer cependant aucun soulagement. Nous avons même observé une céphalalgie plus intense au réveil qu'en aucune autre phase de la journée. C'est à ce moment que nous avons remarqué les œdèmes de la face et des mains. Nous les avons décrits, nous n'y reviendrons donc pas ici. Notons cependant qu'ils coïncident avec une diminution très appréciable des urines : c'est à peine si nous avons eu deux mixtions dans les vingt-quatre heures.

Nous essayons de nous lever, et nous allons de suite respirer l'air pur sur la terrasse de l'observatoire pour satisfaire notre soif d'oxygène : les inspirations profondes et prolongées diminuent la dyspnée et la tachycardie, et amènent une légère amélioration. L'appétit revient un peu, cependant l'anorexie persiste pour les aliments solides. Le mal de tête s'atténue et le reste de la journée se passe sans incident nouveau.

La seconde nuit fut assez bonne, et le lendemain une sédation réelle se produit, suffisante même pour nous permettre un exercice musculaire assez violent. Pendant une demi-heure, nous nous occupons sur la terrasse

de l'observatoire à tailler à coup de piolet un passage dans la glace : nous espérions nous réchauffer un peu. Mais l'effet ne fut pas tel que nous l'attendions : de retour à notre chambre, la céphalalgie reparait, plus intense que jamais. Le pouls, relevé à 4 heures du soir, est petit, régulier, dépressible : il bat à 100 à la minute. La tête est brûlante ; de temps à autre, des bouffées de chaleur viennent encore augmenter le malaise. Le repos au lit n'amène aucune amélioration : la nuit est mauvaise ; même somnolence, même anéantissement que le premier jour. C'est, en somme, une rechute de la maladie.

Cette aggravation fut de courte durée : dans la matinée du lendemain, troisième jour de notre séjour aux Bosses, un mieux sensible se produisit, en même temps que les urines redevenaient abondantes. C'est la crise urinaire qui annonce dans le mal de montagne comme dans les grandes infections le déclin de la maladie. A partir de ce moment, nous sommes acclimaté : l'appétit reparait rapidement sans être cependant aussi bon qu'en plaine, la céphalalgie disparaît, seuls les œdèmes persistent.

Telle est l'évolution du mal de montagne subaigu. Le tableau clinique est, on le voit, bien différent de celui du mal aigu. On peut lui distinguer trois périodes : *stade d'invasion* (24 h.) pendant lequel les phénomènes digestifs tiennent la place principale. Ils sont bientôt suivis par les symptômes urinaires et nerveux qui carac-

térisent la *phase d'état* ; cette phase dure plus ou moins longtemps suivant l'altitude ; au sommet du mont Blanc elle est de trois à quatre jours. tandis qu'aux Bosses elle ne dépasse guère quarante-huit heures. Enfin la troisième étape de la maladie est constituée par la *régression* rapide des malaises ; elle coïncide avec l'acclimatement de l'organisme aux nouvelles conditions qui lui sont imposées.

CHAPITRE IV

PATHOGÉNIE

Les faits que nous venons d'exposer, résultats expérimentaux et observations cliniques, nous paraissent assez nombreux et précis pour nous permettre d'apporter notre contribution à l'étude de cette question encore incomplètement élucidée, qu'est la pathogénie du mal de montagne.

Le premier point sur lequel nous devons insister est le suivant : quel est le rôle de la fatigue musculaire dans la genèse du mal de montagne ? En est-elle l'élément nécessaire ? La plupart des auteurs penchent nettement pour l'affirmative. Nous avons vu que cette question avait acquis, du fait de la construction des chemins de fer de montagne, un grand intérêt d'actualité, et que certains physiologistes avaient conclu avec Regnard que « si on est atteint de la maladie quand on monte à pied sur la Jungfrau, on ne l'aura nullement quand on sera hissé par un ascenseur ». Et pourtant, il ne nous semble pas que l'on doive mettre la fatigue au premier rang des facteurs pathogéniques du mal d'altitude ; en voici les raisons.

Nous avons pu suivre de près quelques-unes des expériences entreprises par MM. H. Guillemard et R. Moog dans le but de reproduire expérimentalement le mal de montagne. Un cobaye était placé sous une cloche dans laquelle l'atmosphère était constamment renouvelée à l'aide d'un courant d'air dont on pouvait faire varier à volonté la pression. Or l'animal en expérience présentait constamment vers l'altitude de 5.000 mètres les symptômes suivants : anorexie presque complète, somnolence, asthénie, diminution des réflexes, accélération respiratoire, oligurie pouvant aller jusqu'à l'anurie. Ces troubles sont, on le voit, parmi ceux que nous avons toujours ressentis pendant les premiers moments de séjour au Mont-Blanc, et constituent ce que nous avons appelé, le mal de montagne subaigu. L'expérience citée par M. Regnard, montre donc uniquement que le travail musculaire forcé hâte l'apparition des malaises.

Deux catégories de faits peuvent d'ailleurs être cités à l'appui de cette opinion : ils démontrent que la fatigue n'est, ni un facteur nécessaire, ni un facteur suffisant du mal de montagne.

On sait que l'on a décrit sous le nom de mal de ballon, un ensemble de symptômes fréquemment relevés chez les aéronautes qui atteignent de grandes altitudes. Les observations en sont nombreuses ; nous nous bornerons à citer l'une des dernières en date, celle de MM. Crouzon et Soubies, qui est particulièrement intéressante. Ces auteurs notent qu'entre 4.050 mètres et

4.800 mètres (altitude du Mont-Blanc) l'un d'eux a présenté de la somnolence, de l'asthénie, et de la céphalée qui sont parmi les symptômes caractéristiques du mal de montagne. Ce fait, et bien d'autres analogues, montre que le mal d'altitude peut apparaître sans intervention de fatigue musculaire. Si les aéronautes y échappent, en général, c'est que leur séjour dans l'air raréfié est de trop courte durée.

D'autre part, un travail musculaire même considérable, et comparable à celui que l'on développe au cours de l'ascension du Mont-Blanc, ne suffit pas à déterminer l'apparition de la maladie s'il n'est pas effectué dans l'atmosphère raréfiée qui caractérise le climat de grande altitude. C'est ce qu'ont montré MM. H. Guillemard et R. Moog à l'aide des expériences qu'ils ont faites en 1906 à la tour Eiffel. Ces auteurs ont cherché à effectuer une ascension sensiblement équivalente à celle du Mont-Blanc au point de vue du travail musculaire, mais en se mettant à l'abri de la dépression barométrique qui se fait graduellement sentir quand on s'élève en montagne ; ils n'ont constaté ni oligurie, ni augmentation de l'azote alcaloïdique, ni aucun des autres phénomènes du mal d'altitude.

Concluons donc, que la fatigue musculaire qui résulte de l'ascension n'est ni une cause nécessaire ni une cause suffisante du mal de montagne.

Cependant on ne saurait nier son importance étiologique ; c'est une cause aggravante qui détermine l'apparition de ce mal de montagne aigu et précoce auquel

sont sujets les ascensionnistes non entraînés ou prédisposés ; ce qui le prouve bien, c'est que le repos amène la sédation, voire la cessation complète des accidents. On se rend d'ailleurs aisément compte, que le travail musculaire, par l'exagération de la dépense d'oxygène qu'il entraîne, alors que le sujet est en état d'anoxyhémie, et par la surproduction d'extractifs azotés qui sont versés dans la circulation, doit amener une rapide éclosion des accidents. Ces considérations nous amènent à faire intervenir dans la pathogénie du mal d'altitude, les notions que nous avons acquises en étudiant les variations de la nutrition en montagne.

Le fait capital, aujourd'hui admis par tous, et qu'on doit placer au premier rang des facteurs étiologiques, c'est *l'anoxyhémie*, qu'elle soit ou non sous la dépendance de *l'acapnie*, comme le veut Mosso. Mais quel est le mode d'action de cette diminution de la tension d'oxygène dans le sang ? C'est, nous allons essayer de le montrer, une modification surtout qualitative des combustions intra-organiques. Nous avons noté l'apparition dans l'urine d'une quantité anormale d'extractifs azotés, dont la production ne peut être attribuée qu'à l'action du climat d'altitude. Ce fait trouve aisément son explication dans la théorie du fonctionnement anaérobie du protoplasma, telle que l'a établie M. A. Gautier, en 1881. M. Gautier a montré, en effet, que la cellule animale fonctionne anaérobiquement dans son protoplasma, et élabore des leucomaines comme les bactéries anaérobies forment des ptomaines. Ce n'est qu'à la périphérie des cellules, grâce à l'arrivée du

sang oxygéné, que se produisent les phénomènes d'oxydation qui concourent à détruire les produits alcaloïdiques issus de la phase anaérobie. « On les retrouve en plus grande proportion dans les urines, lorsque diminue l'énergie des réactions générales provoquées par l'oxygène, lorsque la respiration faiblit et que s'accroissent les phénomènes de réduction. » Le taux des alcaloïdes de l'urine mesure donc en quelque sorte l'intensité de la vie anaérobie des cellules ; son augmentation nous indique que l'anoxyhémie des altitudes a pour effet de restreindre la destruction des extractifs azotés. Nous avons noté, d'autre part, que les expériences d'Aggazotti ont montré une diminution très nette de l'alcalinité du sang en montagne : ce phénomène a été attribué à la formation de produits incomplètement oxydés, et en particulier d'acides gras ; il y a là encore un signe de l'action modificatrice de l'anoxyhémie sur les combustions. Nous avons indiqué que, sous l'action du froid très vif qui règne en haute montagne les échanges respiratoires peuvent devenir plus intenses ; il semble donc que l'action spécifique de l'anoxyhémie sur les combustions consiste surtout dans une modification qualitative (apparition de matériaux incomplètement oxydés, extractifs azotés, acides gras).

On peut maintenant se demander quel sera le retentissement sur l'économie de ce changement imprimé au processus d'oxydation. A ce sujet, l'un des faits que nous avons signalés, nous paraît devoir fixer l'attention ;

nous voulons parler de l'*oligurie* du mal de montagne mise en évidence par MM. H. Guillemard et R. Moog. Pour expliquer cet arrêt partiel de la diurèse, l'alimentation ayant été dans ces expériences maintenue normale à part une notable augmentation des liquides ingérés, il faut admettre, ou que l'eau normalement filtrée par le rein est, dans les nouvelles conditions où se trouve l'organisme, éliminée par une autre voie (poumon, ou peau), ou que le rein subit une diminution de perméabilité. Or l'expérience nous a montré que le climat de grande altitude n'augmente nullement la déshydratation de l'organisme par les voies pulmonaire et cutanée. Nous devons donc admettre que le filtre rénal devient moins perméable.

Cette hypothèse concorde d'ailleurs parfaitement avec les résultats de la cryoscopie de l'urine et avec la polyurie constatée au décours de la maladie. Comme on ne peut incriminer dans le cas présent une imperméabilité par lésion glomérulaire ou épithéliale, on est conduit à admettre, soit que la tension vasculaire est abaissée, soit que les matériaux toxiques formés sous l'influence de l'anoxyhémie ont produit un spasme des artérioles rénales. Or, nous avons montré que le séjour en haute montagne n'a aucune influence sensible sur la pression sanguine; d'autre part, la formation d'alcaloïdes toxiques et leur élimination en quantité considérable au moment de la crise rendent très vraisemblable une vaso-constriction rénale d'origine toxique. Rien, en effet, ne se rapproche davantage de ce que nous constatons ici, que ce que l'on observe au cours de

fièvres infectieuses, où l'oligurie coïncide avec une exagération de l'excrétion des alcaloïdes qui passent ensuite par un maximum au moment de la crise. Nous pensons qu'il faut tenir grand compte de ces faits dans la pathogénie du mal de montagne. H. Guillemard a fait voir (C. R., t. CXXX, 1903) que parmi ces alcaloïdes urinaires, il en est de fort toxiques auxquels l'urine doit le quart environ de sa toxicité globale. Nous avons d'ailleurs constaté également une rétention de matières minérales, et M. Bouchard a montré quelle part importante revient aux sels de potassium en particulier, dans la toxicité urinaire. De la rétention de ces matériaux organiques ou minéraux résulte une *auto-intoxication* dont les effets entrent certainement pour une bonne part dans la symptomatologie du mal de montagne.

Il n'y a donc rien de supprenant à ce que, en rapprochant le tableau clinique du mal de montagne subaigu de celui de l'*urémie*, nous retrouvions dans les symptômes de l'un ou de l'autre une analogie frappante. Au moment où la crise de grande urémie va éclater, on voit brusquement le taux urinaire s'abaisser à 300 ou 400 grammes. L'analyse décèle une notable diminution des éléments minéraux et de l'urée. Des œdèmes surviennent; indépendants des lois de la pesanteur, ils se localisent principalement aux joues, aux paupières ou aux mains. Une céphalée intense et rebelle à l'action des médicaments torture le malade. Les grands accidents apparaissent alors; suivant les sujets, ils se localisent à l'appareil respiratoire, digestifs ou nerveux

donnant à la maladie l'un de ses trois aspects cliniques, respiratoire, digestif ou cérébral. La dyspnée, le rythme de Cheynes-Stokes caractérise la forme respiratoire; les vomissements, la diarrhée, l'asthénie et le coma se retrouvent dans les deux autres.

Tous ces symptômes, nous les trouvons à un degré plus ou moins prononcé dans le mal d'altitude : même syndrome urinaire, même céphalalgie, mêmes œdèmes, même dyspnée, mêmes vomissements.

On conçoit dès lors qu'un certain nombre de facteurs étiologiques entrent en jeu pour modifier la symptomatologie; c'est ainsi que la fatigue musculaire chez les sujets non entraînés à l'altitude, le froid intense, le défaut de perméabilité rénale, l'insuffisance cardiaque, et en général toutes les causes susceptibles d'augmenter l'élaboration des toxines ou d'entraver leur élimination hâteront l'apparition des symptômes et en augmenteront l'intensité : d'où les crises aiguës du mal de montagne. D'autre part, l'économie réagit contre l'anoxhémie par une active néoformation d'hématies, et contre l'auto-intoxication par une décharge urinaire, véritable crise que l'on peut comparer à celle des maladies infectieuses, et qui marque le début de l'acclimatement.

Ces faits viennent à l'appui de la théorie développée en 1887 par M. Bouchard sur la pathogénie de l'urémie et sur l'importance thérapeutique des inhalations d'oxygène dans les cas d'auto-intoxication. « Ce qui est surtout toxique, écrivait-il à cette époque, ce sont les produits de la vie sans oxygène. Augmentez l'oxygène

disponible, vous n'augmenterez que très modérément la désassimilation ; mais les produits de cette désassimilation seront beaucoup moins toxiques. J'ai vu le séjour dans l'air comprimé diminuer de plus de moitié la toxicité urinaire. Il est donc rationnel d'adopter la pratique de Jaccoud qui vante les inhalations d'oxygène dans le traitement de l'urémie. »

CHAPITRE V

TRAITEMENT

La séméiologie et l'essai pathogénique du mal de montagne, nous amènent maintenant à formuler ses indications thérapeutiques. Le sport des ascensions, plus que tous les autres, exige pour être inoffensif, certaines conditions, comme l'entraînement et l'acclimatement préalables, qui constituent autant de mesures prophylactiques efficaces contre la maladie. Mais tout individu, même entraîné, ne peut pas se risquer à de grandes altitudes, s'il est porteur d'une lésion d'un de ses organes essentiels. Il y a donc des contre-indications formelles à une ascension, et ce sont justement ces contre-indications qui justifient l'examen préalable du candidat ascensionniste.

CONTRE-INDICATIONS A UNE ASCENSION

a) *Lésions cardiaques.* — En première ligne viennent les troubles de l'appareil circulatoire. Les insuffisances et les rétrécissements valvulaires, même minimes, s'opposent à la vie aux grandes altitudes. Pour peu que

la fonction du cœur soit troublée, l'hématose se fait mal et devient tout à fait insuffisante en montagne ; l'organisme se trouve, de ce fait, dans des conditions désastreuses pour l'acclimatement. L'influence néfaste de la dépression barométrique est évidente dans les maladies du cœur bien caractérisées, elle est encore très appréciable pour les lésions légères qui, bien compensées, sont restées ignorées jusque-là.

Kronecker en cite un curieux exemple. Un de ses amis fit avec sa femme une ascension, près de Berne, sans difficulté; ils se promettaient d'assister le lendemain matin au lever du soleil. Dans la nuit, la dame fut prise d'oppression telle qu'elle demanda à son mari de redescendre avec elle immédiatement. La descente s'effectua dans de mauvaises conditions, avec arrêts à chaque instant et crainte continuelle d'une paralysie brusque du cœur. Quoique la situation se fut améliorée au fur et à mesure que l'on atteignait des altitudes moins élevées la dame arriva encore fort souffrante au pied de la montagne. Son médecin consulté reconnaît chez elle une maladie de cœur qu'il n'avait pas remarquée jusqu'alors.

La sclérose sous toutes ses formes interdit également l'ascension : mais « on a l'âge de ses artères » et l'on ne saurait par conséquent exclure de la haute montagne tous les vieillards ; le marquis de Turenne, dans sa soixante-douzième année montait encore au Mont-Blanc, et plus récemment Janssen et Durier en sont des exemples classiques. L'adolescence, elle aussi, n'est pas une contre-indication formelle : au contraire, les enfants

sains et bien constitués paraissent s'adapter merveilleusement à l'altitude, témoin ce jeune Américain d'une douzaine d'années que le D^r Guillemard rencontra au sommet du Mont-Blanc en 1906.

b) *Lésions pulmonaires*. — Nous ne parlerons pas des tuberculeux avérés : ils ne se risquent pas d'ordinaire à de hautes altitudes. Mais nous déconseillons le séjour à plus de 3.000 mètres aux sujets en imminence de bacillose : l'élément congestif surajouté par les nouvelles conditions climatiques, les exposerait à des hémoptysies redoutables.

La bronchectasie, l'asthme, l'emphysème, sont incompatibles avec une ascension élevée. Cette règle souffre cependant certaines exceptions : il est des cas où la ventilation pulmonaire, tout en étant diminuée, est encore suffisante en plaine, et même en montagne. Il serait intéressant de pouvoir discerner par un procédé clinique simple, les sujets dont la respiration est encore assez efficace pour entretenir les échanges aux grandes altitudes. Le ruban métrique montre que la différence du périmètre thoracique entre l'inspiration et l'expiration forcées est normalement de 7 centimètres. L'expérience pourrait permettre de préciser dans quelle limite la réduction de l'indice respiratoire est compatible avec l'adaption de l'organisme à la dépression barométrique.

c) *Lésions rénales*. — Nous avons décrit en détail le syndrome rénal caractéristique du mal de montagne tardif ; bien qu'il soit moins prononcé dans le mal

précoce, il n'en existe pas moins. On comprend, dès lors, que les sujets dont la perméabilité rénale est diminuée, fassent en montagne, plus facilement que les individus sains, une crise d'auto-intoxication. Ils devront donc s'interdire rigoureusement les fatigues d'une ascension.

d) *Troubles nerveux*. — Ils ne sont pas en général une contre-indication formelle à la vie en montagne. Les neurasthéniques et les mélancoliques verront cependant leur état mental s'aggraver passagèrement du fait de leur séjour dans ces régions chaotiques. L'épileptique constitue un danger pour ses compagnons : s'il fait subitement sa crise dans un passage dangereux, il risquera d'entraîner dans le précipice les touristes encordés avec lui.

Voilà les sujets auxquels le médecin déconseillera la haute montagne. Mais les individus sains eux-mêmes, s'il veulent se prémunir contre les effets de la raréfaction de l'air, devront observer certaines précautions prophylactiques.

2° PROPHYLAXIE DU MAL DE MONTAGNE

a) *Mal aigu*. — Les données pathogéniques doivent nous guider ici, en nous permettant de formuler deux règles qui seront la base du traitement. C'est, d'une part, la nécessité de réduire dans la mesure du possible la fatigue musculaire, facteur étiologique capital dans la genèse des accidents aigus, et d'autre part, de favoriser

l'hyperglobulie curatrice du mal subaigu. Avant l'ascension *l'entraînement progressif et l'acclimatement* préalable à une altitude suffisante, rempliront ce double but. Si, par exemple, on veut gravir le Mont-Blanc, il sera très utile de séjourner pendant une semaine environ à Chamonix, et de faire chaque jour une excursion sur les sommets qui bordent la vallée. Nous avons contrôlé par nous-même l'efficacité de ces mesures et si cette année nous avons très peu souffert du mal de montagne, nous le devons à l'entraînement et à l'acclimatement que nous nous étions efforcé d'acquérir. Pendant l'ascension, les guides recommandent, à juste titre, une marche lente et régulière, la dyspnée et la tachycardie se trouvent ainsi fortement diminuées. Jusqu'à la limite des neiges perpétuelles, on trouve fréquemment sur son chemin des sources d'eau vive et glacée : les guides, redoutant l'ingestion de liquides froids, empêchent le touriste de s'y désaltérer. Nous ne nous en sommes cependant jamais privé, et toujours nous en avons retiré le plus grand bénéfice : les boissons fraîches nous ont paru, en effet, lutter heureusement contre l'élévation de température qu'entraîne l'effort musculaire. De plus, elles compensent la perte d'eau subie par les voies pulmonaire et cutanée.

Sur le glacier, il en va tout autrement : la marche ne suffit plus pour entretenir la chaleur nécessaire, les liquides chauds, le thé, le café sont alors indiqués. L'alcool est plutôt nuisible ; c'est un stimulant momentané, qui laisse après lui plus de fatigue. Mais bientôt les boissons chaudes ne sont plus un moyen assez effi-

cace pour lutter avantageusement contre l'abaissement de la température extérieure. Outre qu'il expose au danger de gelures plus ou moins graves, le froid joue encore un rôle important dans l'étiologie du mal de montagne en exagérant la dépense d'oxygène alors qu'on est en état d'anoxyhémie ; les vêtements chauds, la pèlerine imperméable, les gants de laine épaisse, le passe-montagne, s'imposent alors.

Les yeux devront être protégés contre l'évaporation intense et contre la réverbération des neiges par des lunettes grillagées à verres fumés solidement assujettis. Pour éviter le « coup de feu des montagnes » on peut, comme le faisait déjà De Saussure, se couvrir le visage d'un crêpe noir. Les pommades préconisées dans ce but rendront aussi de réels services,

3° TRAITEMENT CURATIF

a) *Mal de montagne précoce*. — C'est dans ce cas précis que le traitement pathogénique trouve ses indications. Cette forme du mal de montagne étant une anoxyhémie aiguë, les inspirations prolongées d'oxygène remédieront à l'asphyxie commençante. Les expériences de P. Bert et plus récemment de A. Mosso ont montré les bons effets de cette médication. Pour combattre l'acapnie, il est bon d'ajouter à l'oxygène 8 0/0 d'anhydride carbonique. Voilà la thérapeutique vraiment rationnelle et spécifique, celle qui permet à la respiration de se faire plus ample, et qui apporte à

l'organisme le gaz nécessaire à l'entretien de ses combustions. Mais les cylindres de ces gaz comprimés sont un gros impedimentum ; les caravanes ne s'en chargent jamais, et le plus souvent ce remède est inapplicable.

Il ne reste donc plus qu'à faire une thérapeutique symptomatique. Supposons le touriste surpris, au milieu de son ascension, par les premiers symptômes du mal de montagne : que doit-il faire ? L'indication la plus pressante est de diminuer momentanément la fatigue musculaire ; le repos, en position assise ou couchée, amènera le plus souvent un soulagement immédiat. Mais, si l'on se remet en marche, les malaises réparaîtront : le mal de montagne est-il léger, on pourra continuer l'ascension, s'il est grave, au contraire, ou s'il s'agit d'un sujet particulièrement prédisposé, le mieux est de redescendre pendant qu'il est encore temps. Un cas mortel s'est produit à Chamonix il y a quelques mois, parce que le touriste avait négligé cette précaution.

Lorsque l'ascensionniste s'obstine dans sa résolution d'atteindre la cime, il pourra, dans une certaine mesure, parer aux accidents possibles par les traitements classiques. Les vomissements, s'ils sont abondants et répétés, seront calmés par l'ingestion d'eau glacée ; on sucera constamment de petits morceaux de glace, faciles à se procurer dans ces régions. La diarrhée doit être considérée comme un moyen de défense de l'organisme contre l'auto-intoxication : pour cette raison elle sera respectée. Cependant, s'il faut la

faire cesser on aura recours à l'opium, ou mieux au salicylate de bismuth associé au benzonaphtol. En cas de syncope, la position horizontale, tête déclive, les flagellations du visage, les frictions cutanées, les inhalations d'éther, l'ingestion de quelques gouttes de rhum suffiront à ranimer le malade. Cet accident est l'indice d'une atteinte grave de mal de montagne, et sitôt qu'il sera dissipé, le mieux sera de redescendre dans la vallée.

b). *Mal subaigu*. — Cette deuxième forme de la maladie n'est, en somme, qu'une phase d'acclimatement de l'organisme aux nouvelles conditions de vie qui lui sont imposées par la dépression atmosphérique. Combattre l'anoxyhémie par des inhalations d'oxygène ne ferait que retarder cet acclimatement. Cependant, nous devons envisager deux hypothèses : si le touriste ne veut pas séjourner longtemps sur la cime il pourra dans ce cas faire usage d'oxygène, et réussira souvent à entraver l'apparition des premiers malaises ; si, au contraire, il désire rester quelques jours dans ces lieux élevés, les inhalations d'oxygène sont absolument contre-indiquées. Il devra se résoudre à subir les atteintes du mal de montagne, mais alors il pourra en adoucir les effets par les précautions suivantes :

Le repos au lit dans une chambre bien chauffée et bien aérée, en diminuant les combustions organiques atténuera l'anoxyhémie. Des boissons chaudes et abondantes favoriseront la diurèse, et permettront l'élimination d'une grande partie des extractifs azotés, élaborés

en si grande quantité. Enfin, un régime hypotoxique composé de lait et de légumes complètera le traitement.

Il serait désirable cependant que le voyageur malade puisse trouver au milieu de ces solitudes le remède spécifique. Pour notre part, nous avons eu l'occasion d'observer pendant nos séjours aux Bosses, un ascensionniste atteint d'anoxyhémie aiguë grave. C'était un Italien, surmené par une série d'escalades difficiles il arriva au refuge des Bosses dans un état lamentable : il fut redescendu peu après, sans connaissance, par ses guides. Nous avons appris qu'on avait pu le ranimer un peu avant son arrivée aux Grands-Mulets. Mais si le plus souvent on peut regagner de suite la vallée, il est des cas où toute retraite est impossible : la nuit, le brouillard, la tempête survenant, force est bien de rester. Dans ces conditions, le moindre séjour est un danger, l'exemple du D^r Jacottet le prouve assez. C'est alors que l'on est bien désarmé pour soulager le malade, et c'est dans ce cas, justement, que les inhalations prolongées d'oxygène rendraient d'immenses services en retardant les grands accidents, quelquefois même en amenant la guérison. Il serait donc désirable que les observatoires et les refuges de grande altitude soient munis de réserves d'oxygène.

CONCLUSIONS

Nous résumerons comme il suit les points principaux de ce travail.

1° La France possède au Mont-Blanc une série magnifique de postes d'observations pour l'étude de la physiologie en montagne ; ce sont, échelonnés à des altitudes croissantes les stations de Chamonix (1050 m.) des Grands-Mulets (3050 m.), des Bosses (4350 m.) et du Sommet (4810 m.). C'est dans ces observatoires qui, au cours des deux expéditions scientifiques de 1909 et 1910, nous avons effectué nos expériences.

2° On peut distinguer deux formes cliniques du mal de montagne : une forme *aiguë et précoce* qui apparaît au cours de l'ascension, et qui relève de la fatigue ou d'une prédisposition individuelle ; une forme *subaiguë et tardive*, indépendante du travail musculaire, et uniquement due au séjour dans une atmosphère raréfiée.

3° C'est cette dernière modalité, jusqu'ici peu connue, du mal de montagne qui a fait le principal objet de nos recherches. Pendant nos séjours au Mont-Blanc, nous avons étudié l'action deshydratante du climat d'altitude sur l'organisme, les variations thermomé-

triques et calorimétriques de l'économie, enfin l'influence de la baisse barométrique sur la pression sanguine.

4° Au point de vue pathogénique la fatigue musculaire ne doit être considérée que comme un élément d'aggravation. Le facteur capital est l'anoxyhémie : elle détermine la formation de produits incomplètement oxydés qui provoquent une auto-intoxication ; une crise polyurique marque le début de l'acclimatement, celui-ci se traduisant par de l'hyperglobulie.

5° De ces données pathogéniques se déduisent, d'une part, les circonstances qui constituent des contre-indications aux ascensions, d'autre part les bases d'un traitement rationnel du mal de montagne.

Vu : le Président de la thèse,
GAUTIER

Vu : le Doyen,
LANDOUZY

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.
LIARD

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AGGAZOTTI. — L'échange respiratoire des cobayes dans l'air raréfié. *Arch. de Biol. ital.* 1904.
- Expériences sur la réaction du sang dans l'air raréfié. — *Arch. ital. de biol.* 1907, p. 62.
- BARRAL. — Mal de ballon. — 4 mai 1874.
- BERT (P.). — Effets de l'air raréfié. — *Rev. Scientif.* 1876, p. 51.
- Sur la capacité du sang pour l'oxygène aux diverses pressions barométriques. — *Bull. de la Société de Biol.* 13 décembre 1873.
- Influence des variations de la pression barométrique. *C. R. de l'Acad. des Sciences*, 30 mars 1874.
- La pression barométrique. 1878.
- Mal des montagnes. *Rev. Scientif.* 1886.
- BIOT ET GAY-LUSSAC. — Relation d'un voyage aérostatique. *Monit. univ.* XII fructidor. An XII.
- BONNIER. — Vertige et pression atmosph. 1893.
- BOUSSINGAULT. — Ascension au Chimborazo. *Annal de Chimie*, t. LXIII. 1835. 2^e série, p. 90.
- BRACHET. — Note sur les causes de la latitude et de l'anhélation dans les ascensions sur les montagnes les plus élevées. *Rev. médicale*, 1844, t. III, p. 356.
- CARILLON. — Th. de Paris, 1880.
- CHAUVEAU. — Le Mal de montagne. *Rev. scient.*, 1894, 1 vol. p. 353.
- CHABERT. — Th. de Paris, 1875.
- CROCÉ-SPINELLI ET SIVEL. — Ascension scientifique à grande hauteur. *C. R. de l'Acad. des Scienc.* 6 avril 1874.
- CAMUS (L.). Variations d'altitude et pression sanguine. — *J. de Pat Gén.* 1903, p. 654.
- CLOQUET (T.). — Note sur les effets physiologiques de la raréfaction de l'air à grandes hauteurs. *Soc. philomatique*, 1822.

CROUZON et SOUBIERS. — Mal de ballon. *Soc. Biol.*, 1908, t. XIV, p. 205.

DISSARD. — Influence de la deshydratation sur la résistance à l'asphyxie, 1894.

DUMAS. — Thèse de Paris, 1866.

DURIER. — Le Mont-Blanc. Librairie Fischbacher, Paris.

EGLI-SINCLAIR. — Le Mal de montagne. *Revue Scientif.*, 1894, 1^{er} vol., p. 172. Conférence du Club-Alpin Suisse, 1900.

FOA (C). — Les Changements du sang sur la haute montagne *Arch. ital. de Biol.* 1903, p. 92.

— Critique expérimentale des hypothèses émises pour expliquer l'hyperglobulie de la haute montagne. *Id.*, p. 101.

GALEOTTI (G.). — Variations de l'alcalinité du sang sur le sommet du Mont Rose. *Arch. ital. de Biol.*, 1903, p. 80.

A. GAUTIER. — Chimie de la cellule vivante. — Chimie appliquée à la physiologie.

GÉRAUD. — 1875.

GIRIN. — *Th. de Paris*, 1877.

GAY-LUSSAC. — Relation d'un voyage aérostatique, *Annales de Chimie*, t. LII.

GUEBHARD. — *Th. d'agrég.* 1883.

GUILLEMARD et MOOG. — Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale, *J. de phys. et de pathol. génér.* Juil. 1905 et 1906.

— Observations faites au Mont-Blanc sur l'hyperglobulie des altitudes. — *C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. CXLII, 1906.

— Variations des échanges nutritifs sous l'influence du travail musculaire développé au cours des ascensions. — *C. R.* t. CXLIII, 1906.

— Observations faites au Mont-Blanc sur les variations du sang aux hautes altitudes. — *Journal de phys. et de pathol. gén.*, 1907.

— Recherches expérimentales sur l'exhalation de vapeur d'eau. *Soc. biol.*, 1907.

— Influence du climat d'altitude sur la deshydratation de l'organisme. *C. R. t. CXLV*, 1907.

— Sur une méthode permettant de mesurer la deshydratation de l'organisme par les poumons et la peau.

- Variations de cette quantité avec l'altitude. *C. R.* t. CXLVIII, 1909.
- Sur la déshydratation de l'organisme par les voies pulmonaire et cutanée, et ses variations avec l'altitude. — *Assoc. franc. pour l'avancement des sciences, Lille 1909.* — *Congrès International de Chimie appliquée de Londres, 1909.*
 - Étude expérimentale sur les variations des échanges respiratoires, et de la déshydratation de l'organisme, sous l'action du climat de haute montagne. *C. R.*, t. CIL.
- GUILLEMARD et REGNIER. — Observations de calorimétrie faites au Mont-Blanc. *C. R.*, t. CLI, 1910.
- GERME (L.). — Recherches sur les lois de la circulation pulmonaire, suivie d'une étude sur le mal de montagne et de ballon. Paris, 1895 (Masson).
- HALLION et TISSOT. — Recherches expérimentales sur l'influence des variations rapides d'altitude sur les phénomènes chimiques et physiques de la respiration. *C. R. de la Soc. de Biol.*, 1901, p. 1030.
- JOBERT, PENAUD, ET SIVEL. — Ascension scientifique exécutée en ballon, le 26 avril 1873. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 16 juin 1873.
- JOURDANET. — Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme. *Premier vol.*
- HUMBOLDT (De). — Deux tentatives d'ascension au Chimborazo. — *Annal. de Chimie*, 1837.
- KRONECKER. — Le mal de montagne, *Rev. Sc.* 26 janv., 1895.
- KÜSS. — *Journ. de physiol. et de pat. gén.*, t. VII, p. 982, 1905.
- LAMBERT. — Th. de Paris, 1877.
- LEBLANC. — Asphyxie par insuffisance d'oxygène. — *C. R. de l'Ac. des Sc.*, 6 avril 1874.
- LEPILEUR. — Mémoire sur les phénomènes physiologiques qu'on observe en s'élevant à une certaine hauteur dans les Alpes. — *Rev. médic.*, 1845, t. II.
- LEREBoullet. — De l'influence que les modifications de la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie. — *Gaz. hebd.*, 1874, n° 31, 32.
- LORTET. — Ascension au Mont-Blanc (*Rev. des Cours scientij.*, 1866).

- Deux ascensions scientifiques au Mont-Blanc (*id.*, 22 janvier 1870).
- MARTINET. — Les Agents physiques usuels, 1910.
- MOSSO (A.). — Expériences sur le mal de montagne (*Archiv. ital. de Biol.*, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908).
- MARTINS (Ch.). — Deux Ascensions scientifiques au Mont-Blanc (*Rev. des Deux-Mondes*, 15 mars 1865).
- PAYOT (A.). — Thèse de Paris, 1881.
- PIACHAUD. — Observations médicales et physiologiques faites dans une ascension au Mont-Blanc en 1864 (*Bibl. univers.*, 1865, 5^e série, t. XXIII).
- RABOT — Mal de montagne. *Rev. Scient.*, 1895, 1 vol. p. 221.
- REGNARD. — Les causes du mal de montagne. *Bull. de la Soc. de Biol.*, 1894.
- *La cure d'altitude*, 1898.
- RESTREPO. — Th. de Paris, 1889.
- ROSANOFF. — Th. de Paris, 1897.
- ROBIN (A.). — Echanges respiratoires aux hautes abtitudes. *Bull de l'Ac. de Méd.*, 1901, p. 644.
- RÉMY (J.). — Ascension au Chimborazo. *Nouvelles annales de voyages*, 1857, t. CLVIII, p. 230-238.
- REY. — Influence sur le corps humain de l'ascension sur les hautes montagnes. *Rev. Médic.*, 1842.
- SAUSSURE (DE). — Voyages dans les Alpes, t. II, p. 557.
- SPEHL et DESGUIN. — Influence de la dépression atmosphérique sur la quantité de sang contenue dans les poumons (*Arch ital. de Biol.*, 1909).
- TISSANDIER (G.). — Ascension du ballon Zénith (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 26 avril 1875).
- VALLOT (J.). — Annales de l'Observatoire du Mont-Blanc, 1890 à 1903.
- VERAGUTH. — Th. de Paris, 1877.
- W. DE FONVIELLE. — Note sur une ascension aérostatique (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 4 mai 1875).
- ZUNTZ. — Le mal de montagne (*Revue scient.*, 1896, p. 473).

